



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

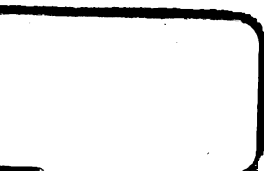
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Überreicht vom Verleger.

J. PROSKAUER

LEUCHTENDE PFLANZEN

EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

PROF. DR. HANS MOLISCH

**DIREKTOR DES PFLANZENPHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES DER K. K. DEUTSCHEN
UNIVERSITÄT PRAG**

MIT 2 TAFELN UND 14 TEXTFIGUREN



JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1904

Alle Rechte vorbehalten.

QK
769
M65

„Es ist schwer, genau und fein zu beobachten
aber noch schwerer, aus dem Beobachteten
nicht mehr zu folgern als es enthält.“
Ehrenberg, Leuchten d. Meeres. p. 569.

V o r r e d e.

Eine zusammenfassende Darstellung unserer derzeitigen Kenntnisse über die Lichtentwicklung der Pflanze auf Grund der bisherigen und eigenen Forschung zu geben, ist das Ziel des vorliegenden kleinen Werkes.

Es bietet einen eigentümlichen Reiz, ein Problem von Zeit zu Zeit mit Hilfe der inzwischen neu geschaffenen Methoden in Angriff zu nehmen und die in anderen wissenschaftlichen Disziplinen gemachten Erfahrungen darauf anzuwenden. Ist es doch unverkennbar, wie mit Schaffung der Bakteriologie und ihrer Technik unsere Kenntnisse über das Leuchten toter Lebewesen mit einem Ruck vorgeschritten sind und wie unsere Einsicht in die Biologie der Leuchtbakterien und in den Leuchtprozess sich wesentlich vertieft hat.

Bald werden 100 Jahre verflossen sein, seitdem Placidus Heinrich sein an zahlreichen und genauen Beobachtungen reiches Werk: „Die Phosphorenz der Körper“ veröffentlicht hat. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts kamen die vollständig in Vergessenheit geratenen und den neueren Forschern unbekannten Forschungen F. Hellers hinzu, dem das Verdienst gebührt, zuerst auf die biologische Natur des Leuchtprozesses auch bei verwesenden Körpern hingewiesen zu haben.

In den letzten drei Dezennien schlossen sich daran im Zusammenhange mit den Fortschritten der Bakteriologie, Chemie und anderen Disziplinen zahlreiche wertvolle Untersuchungen, die in verschiedenen,

vielfach schwer zugänglichen Orten erschienen und oft einheitlicher Gesichtspunkte entbehrten. Daher schien es mir an der Zeit zu sein, den ganzen Gegenstand nach dem Stande unserer derzeitigen Erfahrungen und, gestützt durch eigene Forschung, zu sichten und zu schildern. Überall, wo Zweifel aufstiegen, habe ich objektiv geprüft, wo eine Lücke war, mit eigenen Experimenten eingesetzt, und wo Tatsachen fehlten, neue herbeizuschaffen versucht, um die Lehre von der Lichtentwicklung der Pflanzen — ein Kapitel, das ähnlich dem von der Elektrizität und der Pflanze in den Lehrbüchern der Botanik in der Regel eine recht stiefmütterliche Behandlung gefunden hat — soweit es in meinen Kräften lag, zu fördern. Und so übergebe ich denn dieses kleine Buch, dessen experimenteller Teil mich durch mehr als ein halbes Dezennium beschäftigt hat, der Öffentlichkeit — mit dem Wunsche, dass das lebhafteste Interesse, welches mich bei dem Studium dieses nach so verschiedenen Seiten hin so wichtigen Problems beseelte, auch auf den Leser übergehe und ihn zu neuen Forschungen anrege.

Prag im Februar 1904.

K. K. pflanzenphysiologisches Institut der deutschen Universität.

Hans Molisch.

I n h a l t.

	Seite
I. Gibt es leuchtende Algen?	1
Lichtreflexe bei Algen. Der Goldglanz bei Chromophyton Rosanoffii Woron. Historisches über angeblich selbst leuchtende Algen. Eigene Beobachtungen auf Helgoland und bei Triest. Ergebnis: Es leuchten nur Tiere, die an den Algen haften, nicht die Algen selbst.	
II. Über das Leuchten der Peridineen	13
A. Marine Peridineen	13
Historisches. Meeresleuchten im Triester Hafen. Hervorrufung durch mechanische und chemische Reize. Schwierigkeit der Feststellung, welche mikroskopischen Lebewesen leuchten. Peridinium divergens hat einen Hauptanteil am Meeresleuchten in Triest. Pyrocystis.	
B. Süßwasser-Peridineen	20
Historisches. Eigene Beobachtungen ergaben durchwegs negative Resultate.	
III. Das Leuchten der Pilze	25
a) Hyphomyceten	25
A. Das Leuchten des Holzes	25
1. Historisches	25
2. Eigene Untersuchungen, basierend auf Reinkulturen	34
Winke, wie man sich bequem leuchtendes Holz verschaffen kann.	
a) Reinkulturen vom Hallimasch	36
Zucht des Hallimasch bis zum Fruchtkörper.	
b) Reinkulturen vom Mycelium x	39
Seine relativ grosse und langandauernde Leuchtkraft. Mycelium x, ein ausgezeichnetes Demonstrations- und Experimentalobjekt.	
c) Reinkulturen von Xylaria Hypoxylon und Cookei	40
Die allgemein verbreitete Angabe, Xylaria Hypoxylon leuchte, ist falsch.	

	Seite
d) Schlussbemerkungen	44
Das Leuchten des Holzes ist ein biologischer Prozess. Die irrtümlichen Ansichten Th. Hartigs und de Barys darüber. Die Lichtentwicklung erfolgt intrazellulär. Bakterien sind beim Leuchten des Holzes nicht beteiligt.	
3. Über das Blitzen des Holzes	46
Plötzliches Auftreten von Lichtpunkten bei Erschütterung des Holzes. Die Ursache des Blitzens ist ein winziges Insekt: <i>Neanura muscorum</i>.	
B. Über leuchtende verwesende Blätter	47
Beobachtungen an tropischen Blättern auf Java und an Blättern einheimischer Gehölze. Leuchtende Blätter der Eiche, Rotbuche, Steinbuche und Ahorn. Angabe, wie man leuchtende Blätter leicht findet. Leuchtende Blätter, eine überaus häufige Erscheinung. Der dabei beteiligte Leuchtpilz noch unbekannt.	
β) Bakterien	51
A. Über das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere	52
1. Historisches	52
2. Eigene Untersuchungen	55
Anfängliche Schwierigkeiten. Methode, sich jederzeit leuchtendes Fleisch leicht und bequem zu verschaffen. Luftmethode. Salzwassermethode. Das Leuchten des Fleisches, eine häufige Erscheinung. Beschreibung des Leuchtens. Die Ursache des Leuchtens ist <i>Bacterium phosphoreum</i> (Cohn) Molisch. Seine weite Verbreitung und sein Vorkommen. Es ist nicht pathogen. Es ist auf dem Festlande eingebürgert. Zusammenfassung.	
B. Über das Leuchten von Würsten	63
Historisches. Eigene Erfahrungen. Leuchtende Würste eine Seltenheit. Ursache des Leuchtens: das <i>Bacterium phosphoreum</i> (Cohn) Molisch. Warum leuchten Würste selten?	
C. Über das Leuchten menschlicher Leichenteile	66
Angaben darüber in der älteren Literatur. Eigene Beobachtungen. Künstliches Hervorrufen von Leuchten durch <i>Bacterium phosphoreum</i>.	
D. Über das Leuchten toter Fische und anderer Seetiere	68
1. Marine Fische	68
Ältere Beobachtungen. Eigene Erfahrungen. Besuch der Fischkeller in Triest. Die Verkaufsfische bieten hier durch ihr Leuchten ein glänzendes Schauspiel. Das Leuchten wird bedingt durch verschiedene Arten von Leuchtbakterien. Leuchten anderer toter Seetiere.	
2. Süßwasserfische	73
Geschichtliches. Meine Erfahrungen. Süßwasserfische leuchten gewöhnlich nicht, sondern nur bei Infektion mit marinen Leuchtbakterien.	

E. Über das Leuchten lebender Tiere, hervorgerufen durch Infektion.	77
Giards Auffindung von leuchtenden Flohkrebse. Diese sind von Leuchtbakterien infiziert. Frösche, durch Infektion leuchtend gemacht. Angebliches Leuchten der Maulwurfsgrille. Leuchtende Fliegen (Chironomus). Die leuchtenden Zuckmücken scheinen krank und von Photobakterien infiziert zu sein. Der Laternenflieger <i>Fulgora laternaria</i> . Leuchtende Regenwürmer.	
F. Über das Leuchten von Kartoffeln, Rüben, Harn etc.	81
γ) Übersicht über die bisher beobachteten leuchtenden Pilze	82
Hyphomyceten. Bakterien. Schwierigkeit der Bakterien-systematik.	
IV. Das Leuchten und die Entwicklung der Leuchtbakterien in Abhängigkeit von verschiedenen Salzen und der Temperatur	86
a) Salze	86
Wichtigkeit des Kochsalzes. Versuche mit <i>Bacterium phosphoreum</i> . Kochsalz kann durch andere Salze ersetzt werden. Versuche mit <i>Bacterium phosphoreum</i> etc. Das Kochsalz und die es vertretenden Salze wirken nicht so sehr als Nährmittel, sondern machen das Medium isosmotisch.	
b) Temperatur	92
Einfluss derselben auf Photobakterien und das Mycelium x.	
V. Ernährung, Leuchten und Wachstum	94
Beijerincks Untersuchungen Methodik Diffusionsfeld. Auxanogramm. Erstaunliche Reaktionsfähigkeit der Leuchtbakterien auf gewisse Stoffe. Pepton- und Peptonkohlenstoffbakterien. Leuchtstoffe. Leuchtbakterien zum Nachweis von Enzymen. Nichtleuchtende Bakterien und Schimmelpilze können die Leuchtkraft der Photobakterien sehr begünstigen.	
VI. Über das Wesen des Leuchtprozesses bei den Pflanzen	102
1. Das Leuchten beruht auf einer Oxydation	102
Ansichten älterer Forscher. Versuche Beijerincks. Ein anschaulicher Schulversuch. Ohne freien Sauerstoff kein Leuchten.	
2. Leuchten und Atmung	105
Sachs' Ansicht von der direkten Beziehung zwischen Atmung und Leuchten. Wachstum der Leuchtbakterien ohne Leuchten. Atmungs- und Leuchtintensität korrespondieren nicht immer. Analogien zwischen Leuchten und Farbstoffbildung. Vorläufig liegt kein zwingender Grund vor für die Annahme einer Luminiszenz durch Atmung.	

3. Zur Theorie des Leuchtens	Seite 109
Phosphor-Hypothese. Ansicht Phipsons. Sein Noctilucin ist kein chemisches Individuum, sondern Schleim mit Leuchtbakterien. Radziszewskis Untersuchungen über selbstleuchtende organische Körper. Das Photogen. Gründe, die für seine Existenz sprechen. Dubois' Versuche mit Pholas. Beijerincks Ansicht. Der Leuchtprozess erfolgt intrazellulär. Das Photogen in seiner Entstehung an das Leben geknüpft. Gifte, welche die Zelle töten, heben das Leuchten auf. Notwendigkeit des Wassers für die Lichtentwicklung. Für die Photogentheorie sprechen Erfahrungen bei Leuchttieren. Zusammenfassung.	
VII. Die Eigenschaften des Pilzlichtes	121
1. Die Farbe des Pilzlichtes	121
Verschiedenartigkeit des Farbeindrucks je nach dem Zustande der Netzhaut. Einfluss des Substrates.	
2. Art des Leuchtens	122
Unterschied zwischen dem Leuchten der Pflanzen und der Tiere. Dauer des Lichtes. Es ist nicht wallend oder funkelnd, sondern ruhig.	
3. Bakterienlampen und die Möglichkeit einer praktischen Verwertung derselben	124
Dubois' Lampe. Anfertigung meiner Lampe. Ihre Eigenschaften. Verwendung von Käfern (Pyrophorus) zur Beleuchtung. Bakterienlampe, in Zukunft vielleicht nützlich für Pulvermagazine, Bergwerke und den Fischfang. Mittel, die Intensität des Lichtes zu steigern. Kaltes Licht.	
4. Das Spektrum des Pilzlichtes	129
Ludwigs, Forsters Beobachtungen. Eigene Untersuchungen mit Bakterien und höheren Pilzen. Ergebnis.	
5. Die photographische Wirkung	134
Historisches. Photographien von Bakterien in ihrem eigenen Lichte. Photographien von Gegenständen im Bakterienlichte.	
6. Über die angebliche Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht nebst Bemerkungen über das Johanniskäferlicht	137
Dubois' Behauptung. Muraokas „Saugphänomen“. Lösung des geheimnisvollen Rätsels. Bakterienlicht wirkt wie gewöhnliches Licht, ebenso das Johanniskäferlicht.	
7. Heliotropismus in Bakterienlicht	144
Versuche mit Keimlingen und Pilzen. Sie zeigen positiven Heliotropismus.	
8. Bakterienlicht und Chlorophyllbildung	147
Das Ergebnis ist negativ, wahrscheinlich weil die Intensität des Lichtes zu schwach ist.	

9. Hat das Licht eine biologische Bedeutung?	Seite 149
--	--------------

Hinweis auf leuchtende Tiere. Versuche aus leuchtenden Tieren Leuchtbakterien zu gewinnen. Bakterienlicht hat ebenso wie das der höheren Pilze wahrscheinlich keine biologische Bedeutung.

VIII. Über angebliche Lichterscheinungen bei Phanerogamen . 152

Plantae lunariae oder Mondpflanzen. Leuchten von Milchsäften. Blitzen der Blüten. Kapuzinerkresse und andere Pflanzen. Beobachtungen am orientalischen Mohn von T. M. Fries. Meine Erfahrungen. Versuch einer Erklärung des Blütenblitzens.

Namenregister	161
Sachregister	163

I.

Gibt es leuchtende Algen?

Wenn in diesem kleinen Werke die Rede ist von leuchtenden Pflanzen, so meine ich, falls nichts Besonderes bemerkt wird, immer eine selbständige Entwicklung von Licht, ein Selbstleuchten. Nur vorübergehend soll auch jener Lichterscheinungen gedacht werden, die an manchen Algen beobachtet wurden und die sich durch ein eigentümliches Irisieren oder einen wunderbaren Glanz zu erkennen geben, wobei es sich nicht um ein Selbstleuchten sondern um einen durch bestimmte Einrichtungen der Zelle bedingten Reflex von auffallendem Lichte handelt.

So hat Kny¹⁾ seinerzeit Angaben gemacht über eigentümliche optische Erscheinungen bei der Floridee *Chondriopsis coerulescens* Crouan, einer bei Neapel häufigen Alge. Das auf die Pflanze auffallende Licht wird hier von eigentümlichen, im Zellsaftraume liegenden gelblichen Massen zurückgeworfen, so dass die Thallome im bläulichen Lichte erglänzen.

Ausgedehnte Untersuchungen über eigentümliche, durch Lichtreflex hervorgerufene brillante Färbungen bei Algen verdanken wir G. Berthold²⁾. Nach diesem Forscher schimmern von den im Golf von Neapel vorkommenden Algen besonders schön *Chylocladia kaliformis* Harv. in prachtvoll blauen, *Chylocladia parvula* Harv. in silberweissem, *Ch. reflexa* Harv. in rötlich weissem Glanze und *Ch. mediterranea* I. Ag. in allen Regenbogenfarben.

Ähnliche Reflexerscheinungen, wenn auch in geringerem Grade zeigen *Laurencia pinnatifida* I. Ag., *Scinaia furcellata* I. Ag., *Polysiphonia platyspira* Ktz., *Callithamnion granulatum* I. Ag., *Wrangelia peni-*

¹⁾ Kny, L., Monatsberichte der Akad. d. Wissenschaften zu Berlin. Juni 1870.

²⁾ Berthold, S., Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Botan. XIII. Bd. 1882. p. 685.

cillata I. Ag., Cystosira ericoides I. Ag., C. opuntoides I. Ag., Dictyota, Taonia, Haliseris, Asperococcus Giraudia und andere.

In allen diesen Fällen handelt es sich nicht um ein selbständiges Leuchten, sondern, wie die Untersuchungen von Berthold ergeben haben, um eine Ablagerung von Stoffen innerhalb der lebenden Zelle, die das von aussen eintretende Licht auffangen und mehr oder minder zurückwerfen. Bei Chylocladia z. B. sind es Platten eiweissartiger Natur. Diese stellen sich bei intensiver Beleuchtung mit ihrer breiten Fläche dem Lichte entgegen, werfen dasselbe zurück und schützen auf diese Weise die Zelle vor allzu intensiver Beleuchtung. Berthold gibt aber auch die Möglichkeit zu, dass die im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche einfallenden Strahlen durch die Eiweissplatten nach verschiedenen Richtungen geworfen werden, um die Zellen möglichst allseitig zu durchleuchten¹⁾.

Seit vielen Jahren habe ich im Gewächshause meines Versuchsgartens auf dem Wasserspiegel der Bottiche und Untertassen von Blumentöpfen einen eigentümlichen staubartigen Anflug beobachtet, der im direkten oder diffusen Lichte, falls man in bestimmter Richtung darauf



Fig. 1.

Chromophyton Rosanoffii Woron.

a Lebende Individuen. Die helle Partie der Zelle ist Plasma, die dunkle, seitlich gelagerte der braune Chromatophor. b Dasselbe nach Behandlung mit 1% Osmiumsäure. Die Zelle, insbesondere der Plasmateil erscheint aufgebläht, die Geissel wird sichtbar. Die Vergrösserung bei a und b etwa 600.

blickt, einen herrlichen Goldglanz ausstrahlt²⁾. Der Glanz kann von verschiedener Intensität sein, zur Zeit seiner üppigsten Entwicklung bietet er einen geradezu zauberhaften Anblick.

Diese wunderbare optische Erscheinung geht von einem, von manchen Botanikern auch zu den Braunalgen gestellten Flagellaten, dem Chromophyton Rosanoffii Wor. aus.

Seine Schwärmer stellen kleine, mit einer Geissel versehene Kugeln von 4—6 μ dar, die unter anderem aus farblosem Plasma, welchem seitlich ein brauner oder grünbrauner, zumeist plattgedrückter Chromatophor angelagert ist, bestehen (Fig. 1). Sobald man die Schwärmer unter Wasser bringt, streben sie dem Lichte und gleichzeitig dem Wasserspiegel zu und durchbohren denselben, wie wenn er eine feste Haut wäre, bis sie dem Wasserspiegel ganz aufsitzen.

Hat man in einer dunkeln Tonschale einen dichten auf dem Wasser ruhenden Anflug von solchen Schwärmern, und war die Schale längere

¹⁾ Berthold, S., l. c. p. 707.

²⁾ Molisch, H., Über den Goldglanz von Chromophyton Rosanoffii Woronin. Sitzungsber. der Kais. Wiener Akad. Bd. CX. Abt. 1. Nov. 1901.

Zeit vor einem Fenster einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, so zeigt die Haut, wofern man von der Fensterseite gegen dieselbe blickt, einen prachtvollen Goldschimmer. Blickt man hingegen von oben senkrecht auf den Wasserspiegel nach abwärts, so erscheint die Haut mattbraun, ohne Glanz oder nahezu farblos. Je kleiner der Winkel wird, unter dem man vom Fenster aus auf den Wasserspiegel blickt, desto stärker wird der Goldschimmer; derselbe wird am intensivsten, wenn man, das Auge knapp ober dem Wasserspiegel haltend, fast parallel zu diesem in der Richtung des Lichteinfalles beobachtet. — Bei Betrachtung des Wasserspiegels von rückwärts, also von der Schattenseite aus verschwindet der Glanz, die Haut erscheint dann zumeist mattbraun.

Dreht man, vom Fenster auf die goldglänzende Haut blickend, die Schale sehr langsam und ohne viel zu schütteln um ihre vertikale Achse, so verschwindet alsbald der Glanz, und erst wenn man die Schale in ihre frühere Stellung bringt, also um etwa 360° gedreht hat, leuchtet die Haut in ihrem ursprünglichen Glanze wieder auf. Dreht man nur solange, bis der Glanz verschwindet, und lässt dann ruhig stehen, so dauert es nicht lange, etwa eine halbe Stunde, und der Goldschimmer tritt von neuem auf.

Dieselben Erscheinungen, das Auftauchen und Verschwinden des Goldglanzes, lassen sich auch hervorrufen, wenn man mit einem Glasstabe das Wasser in eine langsam rotierende Bewegung versetzt. Es dreht sich dann die Haut mit und zeigt nur bei einer bestimmten Lage den Goldglanz, und diese Lage entspricht der früheren, der einseitigen Beleuchtung ausgesetzten Ruhelage.

Das Experiment gelingt sowohl bei Sonnenlicht als auch bei künstlichen Lichtquellen, z. B. sehr schön vor der Flamme eines Auerbrenners.

Chromophyton zeigt

den Glanz nur, wenn es dem Wasserspiegel aufsitzt, untergetaucht aber nicht.

Die kugeligen Zellen haben die Eigentümlichkeit, ihren Farbstoffträger bei einseitiger Beleuchtung an die von der Lichtquelle abgewendete Seite zu dirigieren. Die nebenstehende Figur 2 stellt eine schematische Zeichnung einer Chromophytonzelle dar, in welcher der Chromatophor

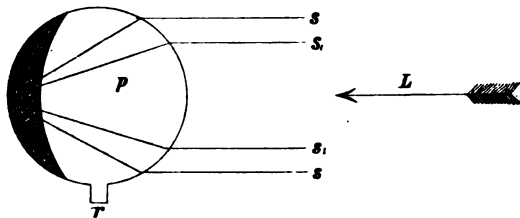


Fig. 2.

Eine sehr stark vergrößerte, schematisch gezeichnete Zelle von *Chromophyton Rosanoffii* Woron.

p Plasma, c Chromatophor, r Stielchen, mit dem die Zelle auf dem Wasserspiegel aufsitzt, L Lichteinfall, ss, parallel auffallende Strahlen, welche so gebrochen werden, dass sie gegen den Chromatophor konvergieren.

die Rückseite wie eine Mondsichel auskleidet. Denkt man sich nun auf diese, wie eine bikonvexe Linse wirkende Zelle ein Bündel paralleler Lichtstrahlen ss , in der Richtung des Pfeiles einfallen, so werden diese auf den Farbstoffträger konzentriert, so dass dieser hell beleuchtet und das Licht wie von einem selbstleuchtenden Punkte zurückgeworfen wird.

Dass sich die Sache tatsächlich so verhält, davon kann man sich leicht durch direkte Beobachtung überzeugen. Man hat zu diesem Zwecke nur nötig, eine kleine Glasschale mit Wasser und der darauf ruhenden Chromophytonhaut unter ein schwaches Objektiv eines Mikroskops zu stellen, längere Zeit nach Ausschaltung der Spiegelbeleuchtung stehen zu lassen, bis man, vom Fenster aus blickend, den Goldglanz wahrnimmt,

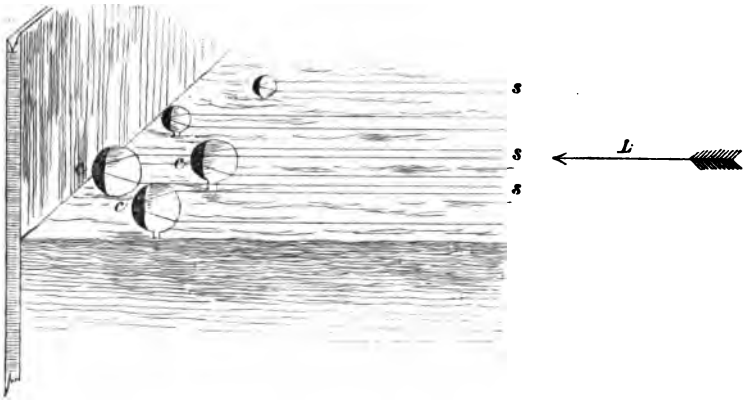


Fig. 3.

Fünf auf dem Wasserspiegel aufsitzende Individuen von *Chromophyton Rosanoffii* Woron., schematisch gezeichnet. Sämtliche Zellen zeigen den Chromatophor auf der der Lichtquelle abgewendeten Seite. Die parallel auffallenden Strahlen werden von den Zellen gegen den Chromatophor konzentriert.

und dann im schief auffallenden Lichte zu betrachten: die meisten Zellen zeigen dann im Mikroskop an der Vorderseite, in Wirklichkeit also an der vom Fenster abgekehrten Seite, auf dem Chromatophor einen intensiv goldgelb glänzenden Fleck, das Licht ist hier in hohem Grade konzentriert und wird vom Chromatophor wie von einer Blendlaterne zurückgeworfen. So wird es vollkommen verständlich, warum man den Goldglanz am besten wahrnimmt, wenn man vom Fenster aus blickt und das Auge möglichst knapp über dem Wasserspiegel hält. Gerade dem Auge gegenüber befinden sich dann Tausende von Chromatophoren, die die innere Rückwand der Zelle einem Hohlspiegel gleich scheibenartig bedecken und das auf sie konvergierte Licht zurückwerfen. (Fig. 3.)

Im wesentlichen beruht also der Goldglanz von Chromophyton auf denselben Ursachen wie das sog. Leuchten des Vorkeims vom Leuchtmoss *Schistostega osmundacea* Schimp. Vuillemin¹⁾ und Noll²⁾ haben in anschaulicher Weise gezeigt, dass man es hier mit einer optischen Reflexerscheinung zu tun hat: der prächtige goldgrüne Glanz, der von den linsenförmig gebauten Vorkeimzellen dieses Moores ausgeht, kommt in ganz analoger Weise zustande wie der Goldglanz von Chromophyton. Die Vorkeimzellen der *Schistostega* sehen stark gewölbten bikonvexen Zellen ähnlich, deren Chlorophyllkörner sich an der von der Lichtquelle abgewendeten Seite anhäufen und das auf sie konzentrierte Licht zurückwerfen³⁾.

Die Fähigkeit der Chromophyton-Zelle, das Licht in hohem Grade zu konzentrieren und den Chromatophor so zu stellen, dass das konzentrierte Licht gerade auf diesen fällt, setzt die Zelle jedenfalls in den Stand, auch noch bei geringen Lichtintensitäten kräftig Kohlensäure zu assimilieren, in ähnlicher Weise wie dies auch bei *Schistostega* der Fall ist.

Nach vieljährigen Beobachtungen zu schliessen befindet sich Chromophyton in einem sehr gedämpften Licht ausserordentlich wohl, denn ich erzielte die prächtigsten Kulturen stets im Gewächshause unterm Parapet bei einem schwachen, seitlich einfallenden diffusen Lichte, ein deutlicher Beweis, dass unter selbst so ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen die Assimilation der Kohlensäure noch eine recht energische sein muss.

In der älteren Literatur finden sich nicht selten Angaben über angebliches Selbstleuchten von Algen.

So erzählt 1804 Peron⁴⁾, dass er bei Windstille aus einer Tiefe von 90—100 Klaftern in der Nähe des Kap Leuwin (Neuholland) verschiedene Körper herausgeholt habe: Retiporen, Sertularien, Isis, Gorgonien, Alcyonien, Schwämme mit *Fucus* und Ulven untermischt. Fast alles leuchtete.

1) Vuillemin, P., L'appareil reluisant du *Schistostega osmundacea*. Journ. de l'anatomie et de la physiologie 1887. p. 18—30. Ein Referat darüber: Just, Bot. Jahresber. 1887. I. Abt. p. 223.

2) Noll, F., Über das Leuchten der *Schistostega osmundacea* Schimp. Arbeiten des bot. Institutes in Würzburg. 3. Bd. 1888. p. 477.

3) In die Kategorie der Lichtreflexerscheinungen dürfte auch das Leuchten der Augen gewisser Nachschmetterlinge (*Bombyx*- und *Sphinx*-Arten) gehören, das ich oft beobachtet habe, das aber nur im Halbdunkel zu sehen ist und im Finstern sofort verschwindet, offenbar weil es sich hier nicht um ein Selbstleuchten handelt. Das Leuchten der Schmetterlingsaugen würde eine genauere Untersuchung verdienen.

4) Zitiert nach Ehrenberg: Das Leuchten des Meeres. In den Abhandlungen der kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1834. p. 460.

1805 bemerkt Ducluzeau¹⁾ über das Leuchten einiger Seekonferven der Gegend von Montpellier: „La phosphorescence est encore à noter dans les conferves marines, elle est plus ou moins remarquable selon les différentes espèces. J'ai souvent observé ce phénomène sur une conferve de nos étangs, voisine de la Conf. rupestris L.“

Viviani, Prof. in Genua, teilt in demselben Jahre mit, dass alle Algen, alle Korallineen des Meeres vom Grunde herausgehoben, wegen der an ihnen haftenden Tierchen funkeln. Am meisten leuchte der Wurm *Nereis cirrigera*²⁾.

Vinc. Rosa, der Aufseher des Naturalienkabinetts in Pavia, will nach der Mitteilung von Schweigger eine schwammhaltige Meeresalge *Vermicularia retusa* Imperati (*Spongodium vermiculare*) leuchten gesehen haben³⁾. Sehr bestimmt spricht Meyen⁴⁾ über das Leuchten einer *Oscillatoria*, welche er im Atlantischen Ozean zwischen 8° nördl. und 2° südlicher Breite auf seiner Reise um die Erde beobachtet hat. Die *Oscillatoria* war klein, ungefärbt, vom Schleim umhüllt und leuchtete in ihrer ganzen Masse.

Was nun die Angabe von Rosa anbelangt, so ist später Ehrenberg darauf näher eingegangen, als er in Alexandrien dem Meeresleuchten seine Aufmerksamkeit schenkte. Er sammelte von dem *Spongodium vermiculare*, das er als eine Alge (*Codium*) erkannte, möglichst viel und sah am Abend den Körper tatsächlich leuchten. Er hatte sich vorgestellt, die Pflanze würde an gewissen Stellen ihrer Oberfläche selbst leuchten, allein sie leuchtete nur, wenn sie bewegt wurde, in einzelnen hellen Punkten. Wurde die Alge stärker bewegt, so lösten sich die Lichtpunkte ab und wurden dunkel. Ehrenberg untersuchte dann die Sache bei der genannten Alge nicht weiter, da er bei anderen eingesammelten Algen (*Fucus*) die Erscheinung in gleicher Weise beobachtete. Er bemühte sich, die Leuchtpunkte in einem Uhrglase aufzufangen und brachte sie in immer kleinere Wassermengen. Unter dem Mikroskop, das nur eine 100malige Vergrößerung bot, bemerkte Ehrenberg dann „kleine, schleimige, rundliche Partikeln, oft mit zerrissenen Rändern, ohne alle bestimmte Form, ohne deutliche Organe und ohne Leben⁵⁾“. Ebenso unbestimmt war das Resultat bei Unter-

1) Ebenda, p. 462—463.

2) Ebenda, p. 463.

3) Ebenda, p. 489.

4) Meyen, F. J. F., Reise um die Erde, I. p. 55 und desselben Neues System der Pflanzenphysiologie II. Bd. 1838. p. 202.

5) Ehrenberg, l. c p. 532.

suchungen an Pflanzen im roten Meere, wo der Besuch der Korallenriffe und das Anlegen von Magazinen lebender Korallen ihm vielfach Gelegenheit bot, das Leuchten zu beobachten. „Alle Arten von Korallen ohne Ausnahme und alle Fuci, sowie das Seegras leuchteten bei Tor“¹⁾).

Ob nun die Algen selbst leuchteten oder wegen anderer an ihnen hängender Organismen, darüber konnte Ehrenberg hier nicht ins Klare kommen, denn das Resultat seiner Untersuchungen im roten Meere war, „dass es im Meerwasser eine nicht eben fein zerteilte, schleimartige, zerfetzte, organische Substanz gebe, welche das Leuchten bedinge, und dass mit dieser alle übrigen Körper zufällig teilweise besetzt und zuweilen vielleicht eingehüllt werden“.

Eine bestimmtere Auffassung über das Leuchten des Meeres gewann Ehrenberg bei einem zehntägigen Aufenthalt auf Helgoland im Jahre 1835. Hier überzeugte er sich, dass das Meerleuchten hauptsächlich hervorgerufen wird durch *Noctiluca* und durch bestimmte Quallen. Von besonderem Interesse für uns erscheint auch die Tatsache, dass der genannte Autor bei Algen das Funkeln im Dunkeln auf die Anwesenheit der *Nereis cirrigera* zurückgeführt hat. „Dieser Ringelwurm von 1—3 Lin. Länge hat eine durchaus überraschende Wirkung in seinem Lichte. Er lebt gesellig, nur kriechend, nicht schwimmend, und gewöhnlich findet man eine grosse Zahl, zuweilen wohl Hunderte beisammen auf stark zerästelten Seetangen, welche bei Bewegung mit grossen flimmernden Lichtpunkten besetzt erscheinen und deren Licht sehr anhaltend ist. Da die Tierchen im Feuchten auch ausser dem Meere fortleben, so leuchten diese Algen oft ausser dem Meere viele Tage und Nächte lang, bis die Tierchen selbst aussterben. Sondert man einen Lichtfunken ab, so findet sich alleweil ein kleiner Wurm, der auf dem Finger oder dem Wasser fortleuchtet“²⁾).

Bestrebt, mich nach möglichst vielen Richtungen hin über das Leuchten von Organismen zu unterrichten, verweilte ich unter anderem durch drei Wochen im September 1901 auf Helgoland, um den hier obwaltenden Ursachen des Meeresleuchtens und speziell der Frage nachzugehen, worauf das von mehreren Seiten angegebene Leuchten oder Funkeln von Algen im Finstern beruhe, ob es ein selbständiges, von der Alge herrührendes Leuchten, ob es nur auf andere daraufsitzende Lebewesen oder auf andere Ursachen zurückzuführen sei. Mir schien diese Absicht um so mehr begründet, weil ja Ehrenberg das ange-

¹⁾ Ehrenberg, l. c. p. 533.

²⁾ Derselbe, l. c. p. 547.

liche Leuchten von Algen nur nebenher und von den damaligen Erfahrungen aus beobachtet hat, und weil seit dem genannten Autor (seit 1835) dieser Frage meines Wissens niemand nachging.

Zu wiederholten Malen unternahm ich nachts auf einem Boote Fahrten und immer konnte ich Meeresleuchten beobachten. Bald konnte man an dem durch das Ruder aufgewirbelten Wasser, bald an den schäumenden Wellen, bald an dem während des Ruderns in das Wasser hineingehaltenen Stock oder an dem Planktonnetz ein Gefunkel oder Aufblitzen von kleineren und grösseren Sternen sehen. Ein herrlicher Anblick aber, ein förmliches Raketenfeuer bot sich dar, wenn ich das Planktonnetz nach längerer Zeit aus dem Wasser zog und an den Maschen desselben besonders da, wo sich das Netz trichterartig verschmälerte, tausende von Funken im bläulichen Lichte erglänzten.

Schon an Ort und Stelle konnte man haselnussgrosse, leuchtende Massen, die sich als Quallen entpuppten, von dem Netz mit den Fingern abheben. Die Finger und Kleider leuchteten, wenn sie über das Netz gestrichen wurden, gleich einer phosphorischen Masse.

Unmittelbar nach jeder Bootfahrt eilte ich in die in der Nähe des Strandes gelegene biologische Station, um zu konstatieren, was denn eigentlich leuchte. Die mit dem Planktonnetz gefischte Masse enthielt von Licht erregenden Lebewesen Quallen, Millionen von *Noctiluca miliaris* und *Peridineen*, die letzteren aber nicht in allzu grosser Zahl. Durch passende Isolierung in immer kleinere Wassermengen konnte unter steter Kontrolle mittelst des Mikroskops genau gezeigt werden, dass nur die drei genannten Organismen leuchteten.

Die *Noctiluca* sammelte sich in Glasgefässen und zwar oben am Wasserspiegel mitunter in so ungeheurer Menge an, dass sie hier eine mehrere Millimeter bis fingerdicke sagoartige Masse bildete. In so dicker Schichte wies die sonst farblos erscheinende Masse eine rötliche Farbe auf.

Stösst man an ein solches Gefäss an, um das Wasser zu erschüttern, oder rührt man dieses mit einem Glasstab auf, so blitzen Tausende von bläulichen Sternchen auf, doch nur für wenige Augenblicke. Eine abermalige Erschütterung erneuert das Aufleuchten, doch tritt dasselbe bei fortgesetzter mechanischer Reizung immer schwächer auf. Nicht ermüdete *Noctilucen* konnte ich schon durch blosses mässigstarkes Anblasen zur Lichterregung veranlassen.

Ich hatte in meinem Arbeitszimmer der biologischen Station zahlreiche Kübel, gefüllt mit Meerwasser und Algen, stehen und sah jede Nacht, dass das Wasser aller dieser Kübel bei Erschütterung wegen der darin vorhandenen *Noctiluca* sternartig aufleuchtete. Jedes grössere

Glasgefäß, das mit frisch geschöpftem Meerwasser beschickt wurde, leuchtete, ins Dunkle gebracht und mit einem Stabe aufgerührt, auf. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass an dem Meeresleuchten um Helgoland im September die *Noctiluca* den Hauptanteil hat. Peridineen und Quallen kommen erst in zweiter Linie in Betracht.

Auf Helgoland widmete ich der Frage, ob Algen selbst Licht ausstrahlen, grosse Aufmerksamkeit. Zu wiederholten Malen fand ich am Strande vor dem Kurhaus vom Meere frisch ausgeworfene *Desmarestia aculeata*, welche nachts beim Reiben des Thallus mit den Fingern leuchtete. Die in Ruhe befindliche Alge leuchtete nicht, sowie aber gewisse Teile des Thallus mechanisch gereizt wurden, begann ein wallendes Leuchten, welches nur kurze Zeit währte, um aber bei neuer Reizung von neuem zu erscheinen. Legte man ein Thallusstück in süßes Wasser, so trat das Leuchten besonders stark auf, verschwand aber nach einigen Minuten ganz. Bei neuer mechanischer Reizung konnte Lichtentwicklung nicht mehr hervorgerufen werden.

Ich konnte mich bald überzeugen, dass nur diejenigen Partien des Thallus leuchteten, welche mit *Membranipora pilosa* besetzt waren. Dass dieses Tier leuchtet, ist bekannt. Dr. Landsborough sagt¹⁾, dass *Membranipora* gerieben, die Erscheinung bot „of a sheet of fire.“ . . . „The zoarium was like an illuminated city“.

Am 10. September 1901 sammelte ich einen Kübel voll *Fucus serratus*. Als ich die in dem Kübel ohne Wasser nur im nassen Zustande befindlichen Algen im Finstern mit den Fingern rieb oder darinnen mit den Händen herumwühlte, leuchteten hunderte Funken gleich Sternen auf. Das Licht war besonders beim Reiben ein unruhiges auf- und abflackerndes. Das Funkeln dauerte gewöhnlich nur wenige Sekunden, selten länger, die leuchtenden Stellen der Alge konnten durch Reiben wieder vom neuen für einen Augenblick leuchtend gemacht werden.

Schon mit den Fingerspitzen konnte man fühlen, dass nur solche Stellen Licht entwickelten, welche sich rauh anfühlten, an welchen also etwas haftete. Bei Licht besehen, zeigten sich hier wieder mehr minder grosse Rasen von *Membranipora* als Ursache des Leuchtens.

Wenn ich *Delesseria sanguinea*, *Cladostephus verticillatus*, *Phyllophora Brodyei*, *Cladophora* sp., *Polysiphonia elongata*, *Furcellaria* sp. und andere Algen mit den Fingern überfuhr, so erglänzten sie bald in hin- und herhuschendem, bald in rakettenartig aufschliessendem Lichte. Dicht nebeneinander liegende Punkte flackerten bei Reibung auf und

¹⁾ Hinks, Th., A History of the British marine Polyzoa. London 1880. I. p. 135.

entpuppten sich bei Licht besehen als Tiere, als Rasen von *Clytia Johnstonii*, deren dazu gehörige Qualle ebenfalls leuchtet¹⁾.

Ehrenberg erwähnt auch einen Wurm, *Nereis cirrigera* (*Nereis noctiluca* L. ?), den er auf Helgoland auf Tang (er führt besonders *Chondria flagelliformis* und *Sporochuus aculeatus* an) gefunden hat, und der sich durch die Intensität seines Lichtes auszeichnet²⁾.

Dieser Wurm ist auch heute noch bei Helgoland eine gewöhnliche Erscheinung. Wenn ich in der biologischen Station während der Nacht verschiedene Algen aus den mit Meerwasser gefüllten Kübeln herausnahm und zwischen den Fingern unter sanftem Druck rieb, so tauchten auf den Algen oft einige wenige oder zahlreiche Sterne in einem intensiv grünen Lichte auf. Die Lichtpunkte liessen sich leicht isolieren und gaben sich bei genauerer Betrachtung als Würmer (*Nereis*) zu erkennen. Zwischen den Fingern zerrieben, leuchtete die Wurmmasse besonders intensiv auf und die Fingerspitzen leuchteten oft noch $\frac{1}{2}$ Stunde und länger nach.

Als ich im Sommer 1902 und zwar in den Monaten August und September in Triest weilte, um an der zoologischen Station meine Erfahrungen über leuchtende Organismen zu erweitern, untersuchte ich fast jede Nacht Algen und konnte regelmässig konstatieren, dass auch hier sehr häufig die Algen beim Herausnehmen aus dem Wasser oder beim Reiben mit den Händen ganz so wie die Algen von Helgoland in intensiv grünen Lichtpunkten erglänzen. Wiederum war es nicht die Pflanze, welche das Licht produzierte, sondern ein auf derselben lebender Wurm: *Heterocirrus saxicola* Gr.³⁾. Aber noch ein anderes Tier kann dieselbe Erscheinung hervorrufen.

Am 3. September 1902 sammelte ich an dem Wellenbrecher im Hafen von Triest und in der Nähe des Leuchtturms Algen verschiedener Art und war überrascht, als ich dieselben in der Nacht aus den Wasserkübeln herausnahm und sah, wie die Thallome, mit grossen grünlichen Lichtpunkten, oft von wahren Sternen bedeckt waren. Besonders auf *Nitophyllum*, *Gelidium* und *Dictyota* waren solche Leuchtpunkte häufig. Der Lichterreger war hier eine in der bewachsenen Küstenregion von Triest überaus häufige etwa 1 cm breite Ophiuride, die *Amphiura squa-*

1) Es wäre meiner Meinung nach eine sehr dankbare Aufgabe für einen Zoologen oder Tierphysiologen die verschiedenen Bryozoen auf ihr Leuchtvermögen zu prüfen; denn ich habe Erfahrungen gesammelt, welche mich in der Vermutung bestärkten, dass die Lichtentwicklung in der Ordnung der Hydroiden und der Bryozoen häufiger vorkommt als man gegenwärtig annimmt.

2) Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres etc. p. 547.

3) Die Bestimmung dieses Tieres verdanke ich der Güte des Herrn Professor Dr. Cori, Direktor an der zoologischen Station in Triest. Demselben bin ich auch für zahlreiche Tier- und Algensendungen nach Prag zu grossem Dank verpflichtet.

mata Sars, welche in zahlreichen Exemplaren zwischen und auf den Algen lebte und auf Reize hin in bläulich grünem Lichte erstrahlte¹⁾. Seit dieser Zeit hatte ich sehr oft Gelegenheit, mich von der Häufigkeit der erwähnten Erscheinung zu überzeugen.

Auf seiner Reise um die Erde hat Meyen, wie bereits bemerkt wurde, im Atlantischen Ozean zwischen 8° nördl. und 2° südl. Breite eine sehr kleine ungefärbte *Oscillatoria* in überaus grosser Zahl beobachtet, die in ihrer ganzen Masse leuchten sollte. Die Beschreibung ist leider so mangelhaft und unbestimmt, dass man über den Organismus, den der genannte Autor vor sich gehabt hat, kein klares Bild gewinnen kann. Aus dem Umstande, dass Meyen das betreffende Lebewesen ungefärbt nennt, wäre abzuleiten, dass er überhaupt keine Alge unter den Händen gehabt hat. Zopf²⁾ äusserte die Vermutung, dass die fragliche *Oscillatoria* Meyens eine *Beggiatoa*, also eine Bakterie wäre. Ich habe aus diesem Grunde verschiedene marine und Süsswasser-Beggiatoen auf ihr Leuchtvermögen geprüft, habe aber stets negative Resultate erhalten. Auch gibt Meyen an, dass seine *Oscillatoria* von Schleim umhüllt sei, dies ist aber meines Wissens bei keiner bekannten *Beggiatoa* der Fall.

Ehrenberg³⁾ will in dem funkelnden Meerwasser bei Sorrent auch eine Diatomee *Discoplea sorrentina* gefunden haben, die angeblich

¹⁾ Das Leuchtvermögen dieses so häufigen kleinen Schlangensterne scheint man bisher übersehen zu haben, wie denn unsere Kenntnisse über das Leuchten der Echinodermen überhaupt noch als recht mangelhaft bezeichnet werden müssen. Mit Sicherheit ist das Leuchten von *Brisinga* bekannt, eines Seesterne, den der norwegische Naturforscher und Dichter P. C. Asbjørnsen an der Küste Norwegens in einer Tiefe von 100–200 Klaftern entdeckte und dessen wunderbaren Glanz er eine wahre *Gloria maris* nennt. Ferner sollen noch einige andere Seesterne leuchten: *Odinia elegans* E. Perr., *Ophiothrix* sp., *Ophiocantha spinulosa* Müll. et Trosch, *Amphiura elegans* Leach u. a. m., doch wären darüber noch genauere Beobachtungen erwünscht. Vergl. Ludwig-Hamann in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. II. Bd. 3. Abt. p. 736. Leipzig 1899 und H. Gadeau de Kerville, Die leuchtenden Tiere und Pflanzen. Deutsche Übersetzung. Leipzig 1893. p. 49 u. ff. — In der zuletzt zitierten Schrift erwähnt v. Kerville, dass unter den leuchtenden Echinodermen auch eine Art von *Balanoglossus* aufgeführt wird, dass man aber neuerdings an der Leuchtfähigkeit dieses Tieres zweifelt. Es wird daher vielleicht die Zoologen interessieren, wenn ich bemerke, dass mich der Leiter der Zool. Station in Triest, Herr Prof. Cori, auf die Lichtentwicklung dieses merkwürdigen Tieres aufmerksam gemacht hat, und dass ich mich von derselben an den lebenden Tieren zu wiederholten Malen überzeugt habe.

²⁾ Zitiert nach H. Gadeau de Kerville l. c. p. 17.

³⁾ Ehrenberg, C. G., Die das Funkeln und Aufblitzen des Mittelmeeres bewirkenden unsichtbaren kleinen Lebensformen. Festschr. z. Feier d. hundertjähr. Bestehens der Ges. naturf. Freunde zu Berlin. Berlin 1873. p. 1–4.

leuchten soll. Er bildet ihre Formen ab und sagt von ihnen: „Sie erschienen um so interessanter, als es die ersten kieselschaligen Bacillarieen-Formen waren, welche als wahrscheinlich funkelnd hatten beobachtet werden können, während 1872 noch viele andere wahrscheinlich geworden sind.“

Obwohl ich nicht bestreiten will, dass Diatomeen Licht produzieren könnten und in der Reihe der Algen unter den Kieselalgen noch am ehesten leuchtende Formen aufgefunden werden dürften, müssen wir doch die erwähnte Angabe Ehrenbergs, bevor sie eine Bestätigung erfährt, mit einiger Reserve aufnehmen und als noch zweifelhaft hinstellen.

Auf Grund der angeführten Ausführungen und Beobachtungen gelangen wir daher zu folgendem Ergebnis.

Es ist bisher — falls wir die Peridineen einschliesslich der Pyrocysteeae, über welche im nächsten Kapitel gesprochen werden soll, nicht zu den Algen rechnen — mit Sicherheit keine einzige Alge aufgefunden worden, welche imstande wäre, selbständig Licht hervorzurufen. Wenn Algen selbständig zu leuchten scheinen, so handelt es sich entweder um ein Lichtreflexphänomen wie bei zahlreichen Florideen und bei Chromophyton Rosanoffii Wor. oder es handelt sich um eine Lichtentwicklung von Tieren, die auf den Algen leben. Diese scheinen, wenn sie im Finstern zwischen den Händen gerieben werden, Licht in Form eines phosphoreszierenden Scheins oder in Form von mehr minder grossen Lichtpunkten zu entwickeln. Bei genauer Betrachtung aber ergibt sich, dass nicht die Alge, sondern die auf denselben sitzenden Tiere das Licht produzieren z. B. gewisse Bryozoen (*Membranipora pilosa*), Würmer (*Nereis cirrigera*, *Heterocirrus saxicola* Gr.) oder der winzige Schlangenseestern *Amphiura squamata* Sars¹⁾.

¹⁾ In dem bereits angeführten Buche von H. Gadeau de Kerville findet sich auf p. 17 und den folgenden ein eigenes Kapitel über leuchtende Algen. Allein dies beruht auf einem vollständigen Mangel der einfachsten systematischen Kenntnisse in der Botanik, wie gleich der erste Satz dieses Abschnittes beweist: „Die zur Zeit gekannten leuchtenden Algen gehören sämtlich zur Familie der Bakterien.“ Also die Bakterien rechnet der Autor zu den Algen. Derlei Entgleisungen sollten einem Schriftsteller, der über Pflanzen schreibt, auch wenn er nicht Botaniker sein sollte, nicht passieren.

II.

Über das Leuchten der Peridineen.

A. Die marinen Peridineen.

Die früher so stiefmütterlich behandelten Peridineen erfreuen sich gegenwärtig grosser Aufmerksamkeit seitens der Forscher und stehen vielfach im Vordergrund des Interesses. Ehedem fast ausschliesslich von den Zoologen in Anspruch genommen, werden sie jetzt namentlich wegen ihres Besitzes von braunem Farbstoff, von Chlorophyll und Kohlensäure assimilierenden Chromatophoren von den Botanikern bald zu den Algen bald zu den Flagellaten gestellt. Die Planktonstudien auf dem Meere zeigten klar und deutlich, welche dominierende Rolle den Peridineen im Plankton der See zufällt¹⁾, und die folgenden Ausführungen werden zeigen, welchen grossen Anteil sie an dem prächtigen Schauspiel des Meeresleuchtens haben. Auf der Naturforscherversammlung zu Hamburg im Jahre 1880 legte Michaelis eine kleine Schrift vor, aus der hervorgeht, dass bei Kiel das Leuchten des Meeres nur durch lebende „Leuchtinfusorien“ erzeugt wird.

Ehrenberg²⁾, der sich für die Sache lebhaft interessierte, bat Michaelis ihm einige Fläschchen mit Kieler Meerwasser nach Berlin zu übersenden. Er erhielt im Oktober die Sendung, und obwohl dieselbe schon 10 Tage alt und die meisten Tiere darin bereits tot waren,

1) Schütt, G., Die Peridineen der Planktonexpedition. 1. T. Studien über die Zelle. Ergebnisse der Planktonexpedition. Bd. IV. Vergl. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien. 143.—145. Lfg. Peridiniales. Leipzig 1896.

2) Ehrenberg, C. G., Über einen neuen, das Leuchten der Ostsee bedingenden, lebenden Körper. Poggendorffs Annal. der Physik und Chemie. 33. Bd., der ganzen Folge 99. Bd. 1831. p. 147 ff. Vergleiche auch Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres I. c. p. 504.

fand er darin einen kleinen Wurm, der auf Reizung mit verdünnter Salzsäure deutlich leuchtete und von ihm als *Polynoe fulgurans* beschrieben und abgebildet wurde.

1832 sandte Michaelis abermals Flaschen mit Kieler Meerwasser an Ehrenberg, und nun konnte sich dieser von der Richtigkeit der Michaelisschen Beobachtung überzeugen, derzufolge Peridineen das Leuchten verursachen können. Nach den Untersuchungen Ehrenbergs waren es besonders die Peridineen: *Peridinium tripos*, *P. fusus*, *P. furca* und *Prorocentrum micans*, die bei Reizung mit etwas Säure Lichtfunken gaben.

Als der genannte Autor 1858 sich auf einer Reise in das südliche Italien befand und in Neapel weilte, widmete er dem Meeresleuchten, das er in begeisterten Worten schildert, seine Aufmerksamkeit¹⁾.

Mit einem Schöpf- und Filtrierapparat, bestehend aus einem langen Messingstab und einem daran befestigten Leinwandbeutel, konnte er die leuchtende Substanz konzentrieren und gleichzeitig beobachten, dass das abfliessende Wasser lichtlos war. „Diesen so konzentrierten Leuchtstoff, welcher ohne Übertreibung allemal geschmolzenem glühenden Metalle glich, nahm ich in kleinen Glasflaschen mit nach der Wohnung und stellte sofort in der Nacht noch die nötigen ersten Untersuchungen mit 300maliger Vergrösserung an. Es ergab sich daraus, dass die ganze grosse Erscheinung augenscheinlich durch unberechenbar zahlreiche mikroskopische Tierchen der Gattung *Peridinium* gebildet wurde.“ Diesem kleinen Wesen, das dem *Glenodinium tabulatum* höchst ähnlich war, gab er den schönen Namen *Peridinium Splendor maris*.

Im September 1859 untersuchte Ehrenberg²⁾ auch das Funkeln des Meeres in Triest. Die Erscheinung war jedoch zu dieser Zeit äusserst schwach, die Lichtpunkte blieben in dem geschöpften Wasser stets vereinzelt. Obwohl das lichtlose und das lichtgebende Wasser von zahllosen Individuen der Gattungen *Paramecium*, *Bursaria*, *Enchelys*, *Kolpoda* und *Euplotes* wimmelte, erkannte er doch wieder nur Peridineen als lichtgebend und zwar das *Peridinium tripos*, dessen Leuchten Michaelis in Kiel entdeckt hatte, ferner *Prorocentrum micans*, *Peridinium furca* und *P. fusus*.

Viel später hatte auch der um die Erforschung der Protozoen so verdiente Prager Zoologe Stein³⁾ Gelegenheit in Kiel das Meeresleuchten

¹⁾ Ehrenberg, C. G., Über das Leuchten und über neue mikroskopische Leuchttiere des Mittelmeeres. Monatsschr. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1859. p. 727—738.

²⁾ Ebenda, p. 735.

³⁾ v. Stein, Friedr., Der Organismus der Infusionstiere. III. Abt. 2. Hälfte. Leipzig 1883. p. 16.

im kleinen, d. h. im Zimmer zu sehen, vorausgesetzt, dass das Wasser in den Gläsern und Tellern lebende Individuen von *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *Peridinium divergens* etc. enthielt. Er entwirft von diesem Schauspiel einen so zutreffenden, mit meinen eigenen Erfahrungen so übereinstimmenden Bericht, dass ich denselben mit Steins eigenen Worten anführen will: „Stiess ich mit dem auf der einen Seite erhobenen Teller gegen die Tischplatte oder rührte ich den Bodensatz mit einem Haarpinsel auf, so blitzten an verschiedenen Stellen kleinere oder grössere leuchtende Punkte auf, fuhren einige Augenblicke gleich aufgeschreckten Tieren hin und her und erloschen dann. Nicht selten schoss ein grösserer leuchtender Punkt wie eine Rakete von einem Rande des Tellers quer durch das Wasser zum gegenüberliegenden Rande und blieb hier noch einige Augenblicke fortleuchtend ruhig liegen. Auch in nicht angerührten Tellern sah ich öfters nach längerem geduldigen Warten plötzlich vom Grunde einen Funken senkrecht aufsteigen oder in horizontaler Richtung langsam dahinschiessen. Die Funken rühren, davon überzeugt man sich sehr leicht, von mikroskopisch kleinen Tieren her, die nicht an und für sich selbst, sondern nur in den Momenten starker Bewegung und Erregung leuchten. Ihre Bewegungen gleichen genau denen der Peridiniden, Dinophysiden und Prorocentrinen, und da das Wasser nur dann Funken gibt, wenn es von Mitgliedern dieser Familie belebt ist, so müssen diese die Ursache des Leuchtens sein.“

Stein betont mit Recht, dass es zu den überaus schwierigen und mühsamen Experimenten gehört, genau die einzelnen Arten zu bestimmen, welche das Leuchten hervorbringen, und dass er, von des Tages Arbeit ermüdet, derartige Versuche nicht ungestraft vornehmen konnte. „So viel aber kann ich mit Bestimmtheit behaupten, dass die stets in überwiegender Anzahl vorhandenen *Ceratium tripos* und *C. fusus* die grösseren Funken hervorbrachten, und dass die kleineren von dem nicht minder häufigen *Prorocentrum micans* herrührten“¹⁾.

In neuerer Zeit hat Reinke²⁾ das Leuchten von *Ceratium tripos* in seiner Abhängigkeit von äusseren Reizen studiert. Er erwähnt, dass zur Spätsommer- und Herbstzeit das Meeresleuchten im Kieler Hafen in ausgezeichnete Schönheit zu beobachten sei, vorzugsweise durch Peridineen, von denen *Ceratium tripos* im Plankton vorherrsche, erzeugt.

¹⁾ v. Stein, Friedr., l. c. p. 17.

²⁾ Reinke, J., Über das Leuchten von *Ceratium tripos*. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, herausgegeben von d. Komm. zur wiss. Unters. d. deutsch. Meeres in Kiel und der Biolog. Station auf Helgoland. N. F. 3. Bd. Abt. Kiel. 1898. p. 37.

Nach Reinke erwiesen sich, wie dies für tierische Leuchtorganismen seit langem bekannt ist, auch die Peridineen gegen Stoss und Schlag, gegen Erwärmung, gegen chemische Reize verschiedener Art, sowie gegen elektrische Einwirkung reizbar, indem sie auf all diese äusseren Faktoren mit einer Entwicklung von Licht antworten.

Ich darf nicht verschweigen, dass trotz der Vertrauen erweckenden älteren Angaben Ehrenbergs und anderer Forscher es nicht an Stimmen fehlt, die das Leuchtvermögen der Peridineen nicht bloss in Zweifel ziehen, sondern geradezu in Abrede stellen. So spricht sich Gourret in seinem ausführlichen Werke¹⁾ darüber in folgender Weise aus: Die Phosphoreszenz der Peridineen und insbesondere von *Ceratium* wurde 1830 von Michaelis auf Grund einer Untersuchung von *Ceratium tripos* mitgeteilt. Diese Versuche wurden von Ehrenberg bestätigt und von Dujardin wurde auch für *Ceratium fusus* das Leuchten konstatiert. Hingegen ergaben die darauf bezüglichen Versuche von Clarapède und Lachmann²⁾ ein negatives Resultat. Die Schlüsse dieser hervorragenden Naturforscher scheinen nicht allgemein angenommen worden zu sein und einzelne Naturforscher behaupten noch immer, dass die Peridineen im Finstern leuchten. Diese Ansicht basiert einzig auf der Tatsache, dass, wenn man Wasser, in welchem sich unter anderen Tieren Peridineen befinden, untersucht, man Spuren von Phosphoreszenz feststellen kann. Um den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Peridineen leuchten, müsste man direkt auf die Phosphoreszenz nur dieser Leuchtwesen allein prüfen, doch haben solche Versuche nach Gourret ein ganz negatives Resultat ergeben (p. 23), nicht bloss bei *Ceratium*, sondern auch bei *Peridinium*.

Gourret leugnet das Leuchtvermögen der Peridineen daher vollends.

Während eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes in Triest im Sommer 1902 benützte ich die Gelegenheit, um das Meeresleuchten hier genauer zu verfolgen, die daran beteiligten Organismen kennen zu lernen und mir in exakter Weise die Gewissheit zu verschaffen, ob die Peridineen leuchten oder nicht.

Am 28. August 9 Uhr abends fuhr ich begleitet von zwei Fischern in einem Boote bei einer Lufttemperatur von 35° C und einer Wassertemperatur von 22° C hinaus in die Umgebung des Leuchtturms. So

¹⁾ Gourret, P., Sur les Péridiniens du golfe de Marseille. Annales du musée d'histoire nat. d. Marseille. Zoolog. T. I. (1888).

²⁾ Clarapède, E. u. Lachmann, J., Etudes sur les infusoires et les rhizopodes. Genève 1858—1859. Die beiden Forscher sagen mit dem Hinweis auf die Lichtexperimente von Michaelis und Ehrenberg: „Des expériences répétées sur ce sujet (surtout avec le *C. tripos*) ne nous ont conduits qu' à des résultats négatifs“ p. 394.

wie man auf die im Wasser schwimmenden leuchtfähigen Lebewesen einen Reiz ausübte, sei es durch das Ruder, sei es durch die Hand oder durch das Planktonnetz, erglänzte das Wasser in kleinen herrlichen Lichtpunkten. Die eintauchenden Ruder erzeugten phosphorische Lichtwellen, und das von den Rudern abtropfende Wasser erzeugte neues Licht. Wenn das Schauspiel auch nicht jene zauberhafte Wirkung auf mich ausübte, wie an verschiedenen anderen Punkten der Erde, so in der Umgebung der Insel Elephanta bei Bombay, in Penang, an der javanischen Küste und bei Honolulu¹⁾, weil es nicht mit solcher Intensität auftrat, so war das Funkeln während des August und September doch immer sehr deutlich, freilich je nach der Witterung in verschiedenem Grade.

Einen geradezu wunderbaren Anblick gewährte das untergetauchte und nachgezogene Planktonnetz, das beim Herausziehen an Tausenden Punkten aufblitzte und einer phosphorisch leuchtenden Milchstrasse glich.

Wenn ich aus einem Fläschchen auf die ruhige Oberfläche des Wassers ein paar Fingerhut voll Schwefelsäure, Salzsäure, Alkohol oder Kalilauge goss, so blitzte das Meer an solchen, vorher ganz dunklen Stellen gleich einem Raketenfeuer in Tausenden Sternchen auf, die oft eine halbe Minute andauerten und tiefer unten längs der sich bildenden Schlieren von neuen Lichtpunkten abgelöst wurden, bis nach ein oder zwei Minuten wieder alles dunkel wurde.

Da ich bei meinen ersten Fahrten in Triest bald herausfand, dass hier das Meeresleuchten zur Zeit meiner Beobachtungen fast ausschliesslich von mikroskopisch kleinen Organismen hervorgerufen wird, fischte ich mit einem kleinen Planktonnetz feinsten Sorte, durch welches, abgesehen von Bakterien, das ganze Plankton zurückgehalten wurde. Mit dem eben geschöpften Plankton eilte ich sofort in die zoologische Station, um mich an die Untersuchung zu machen. Ich fand im Plankton:

Sehr viele Peridineen und zwar *Dinophysis* sp., *Ceratium furca* Duj., *C. fusus*, *C. candelabrum* Stein, *C. tripos* Nitsch. und *Peridinium divergens* Ehb., ferner Infusorien, namentlich *Tintinnus Campanula* und Crustaceen verschiedener Art.

¹⁾ Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dass man sich das Schauspiel des Meeresleuchtens bei einer Reise auf dem Meere nicht selten auch in der Badekabine verschaffen kann, wenn man den Wasserhahn öffnet und das Meerwasser im Finstern in die Wanne einfließen lässt. Der Wasserstrahl erscheint dann von Lichtfunken reichlich durchsetzt und der Badende sieht seinen Körper von dem Lichte hunderter kleiner Sternchen magisch erleuchtet. Gelegentlich einer Reise um die Erde konnte ich namentlich in der Nähe des Äquators das Meeresleuchten auf diese Weise oft beobachten.

Es war nun die Frage zu beantworten, welche von diesen Organismen an dem Leuchten beteiligt waren, und die Lösung dieser Frage erfordert, wenn sie exakt beantwortet werden soll, viel Geduld und Vorsicht. Nach verschiedenen tastenden Versuchen gelangte ich in folgender Weise zum Ziele. Ich goss auf ein kleines Uhrgläschen eine kleine Probe des möglichst frischen Planktons und orientierte mich zunächst mit dem Simplex. Mittelst einer feinen Glaskapillare hebte ich etwas von der Planktonprobe ab und brachte sie auf einen Objektträger, indem ich sie durch Einblasen von Luft in die Kapillare auf mehrere ausserordentlich kleine Tröpfchen verteilte. In vielen dieser Tröpfchen fanden sich trotz ihrer Kleinheit noch immer ein oder mehrere Organismen, aber es ergaben sich auch Tröpfchen, wo nur ein einziger Organismus — vielleicht abgesehen von Bakterien, die nicht störten — vorhanden war. Auf diese Weise hatte ich die das Plankton bildenden Lebewesen vollständig isoliert. Wenn man nun auf die Unterseite eines horizontalen Deckgläschens einen grossen Tropfen destillierten Wassers bringt und das Deckglas mit dem Wassertropfen auf das kleine Tröpfchen, in dem sich nur ein einziges Lebewesen vorfand, im Finstern, nachdem man die Augen durch etwa 10 Minuten schon früher an die Finsternis gewöhnt hatte, fallen liess, so entstand im Momente der Vereinigung der Tröpfchen oder wenige Augenblicke darauf infolge des durch das destillierte Wasser ausgeübten Reizes stets ein deutlich wahrnehmbarer Lichtblitz, wenn ich einen Leuchtorganismus vor mir hatte. Anstatt destillierten Wassers kann man auch verdünnte Salz-, Schwefelsäure und Alkohol nehmen, aber ich gab schliesslich dem destillierten Wasser den Vorzug, weil es die besten Dienste leistete und sich zur Hervorrufung des Aufleuchtens als ausgezeichnetes Reagens erwies.

Indem ich nun in der angegebenen Weise die einzelnen Planktonwesen durchprüfte, bekam ich bei *Peridinium divergens* Ehb. stets das Aufblitzen, bei den anderen Organismen aber nicht. Hierbei muss bemerkt werden, dass die meisten Peridineen ausserordentlich empfindlich sind, so dass sie schon, unmittelbar nach dem Einfangen, geschwächt oder tot ins Laboratorium und zur Untersuchung gelangen. Nur die Crustaceen, Infusorien und *Peridinium divergens* waren frisch und erhielten sich längere Zeit lebendig. Die anderen Peridineen zeigten, wahrscheinlich weil sie schon tot oder dem Absterben nahe waren, das Aufblitzen nicht. Jedenfalls geht aus meinen Beobachtungen mit Gewissheit hervor, dass entgegen der Ansicht von Gourret marine Peridineen Licht entwickeln können, und dass das in grossen Mengen vorkommende *Peridinium divergens* Ehrenbg. speziell im Hafen von Triest an dem

Meeresleuchten einen hervorragenden Anteil hat. (Siehe Fig. 4 und 5.)

In die Nähe der Peridineen stellt man heute eine noch wenig bekannte Gruppe von Wesen mit gelben Chromatophoren, die Pyrocysteeae, deren Arten zu leuchten vermögen. Sie stellen behütete einzellige Organismen dar, gewöhnlich von der Gestalt einer Kugel, eines Halbmonds oder einer Spindel. Nach Schütt¹⁾ lassen sich alle bisher bekannten Formen noch in der Gattung *Pyrocystis* — siehe Fig. 6 — vereinigen. *Pyrocystis noctiluca* und *P. fusiformis* wurden von der Challenger-Expedition im tropischen und subtropischen, also nur im warmen Wasser gefunden. Dasselbe gilt auch von den neueren Spezies, die während der Plankton-Expedition der Humboldtstiftung entdeckt wurden.

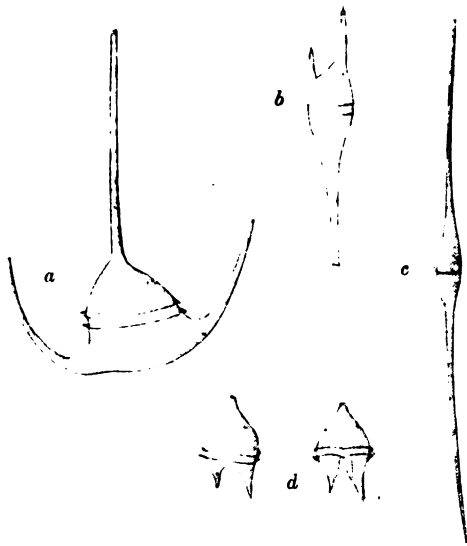


Fig. 4.

Peridineen aus dem Meeresplankton von Triest.

a *Ceratium tripos* Nitsch, b *Ceratium furca* Duj.,
c *Ceratium fusus*, d *Peridinium divergens* Ehrenbg.
Halbschematisch. Vergr. 236. Original.

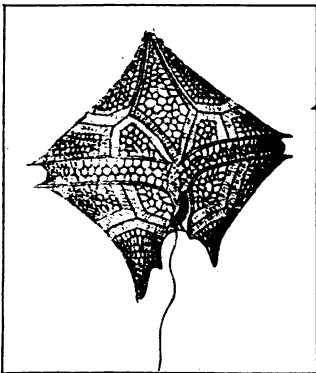


Fig. 5.

Peridinium divergens Ehrenbg.
Stark vergr. Nach Schütt.



Fig. 6.

Pyrocystis noctiluca Murray.
(Nach Chun.)

1) Schütt, F., Das Pflanzenleben der Hochsee, p. 38. Kiel u. Leipzig 1893.

Ebenso wie der Bau und die systematische Stellung dieser Lebewesen noch wenig bekannt sind, so liegen meines Wissens noch so gut wie keine genaueren Beobachtungen über ihre Lichtproduktion vor. Das Einzige, was ich darüber vorfand, sind die Angaben von Blackman¹⁾, der Gelegenheit hatte, das Leuchten von *Pyrocystis Pseudonociluca* Wyv. Thoms unter dem Mikroskop zu sehen und die Lichtwirkung durch Reizung zu verlängern.

B. Die Süßwasser-Peridineen.

Der praktische Arzt Dr. Werneck in Salzburg übersandte seinerzeit an Ehrenberg sieben grosse Folio-Tafeln mit zahlreichen Zeichnungen und schriftlichen Erläuterungen über die mikroskopischen Organismen der Umgebung von Salzburg. Über diese Untersuchungen gab Ehrenberg einen Bericht²⁾, aus dem ich entnehme, dass Werneck mehrere aus der Ostsee bekannte Lebewesen auch im süßen Wasser beobachtet haben will, z. B. *Prorocentrum micans*, *Peridinium furca* und *Per. Michaelis*. Nach Werneck sollen die zwei zuletzt genannten Peridineen und das von ihm gleichfalls bei Salzburg gefundene *Peridinium Lucina* leuchten (p. 109).

Wernecks Beobachtungen über das Vorkommen von marinen Peridineen im süßen Wasser haben bis auf den heutigen Tag keine Bestätigung gefunden³⁾, und seine Behauptung über das Leuchten von Süßwasserperidineen entbehrt, obwohl man sich gerade in neuerer Zeit mit diesen Organismen vielfach abgegeben hat, jeder Stütze. Dasselbe lässt sich von den Angaben Ferdin. Cohns sagen, der in einem Aufsatz „Die Welt im Wassertropfen“⁴⁾ über ein leuchtendes *Ceratium* des süßen Wassers eine poetisch angehauchte Schilderung entwirft. Später hat Cohn in der ersten Auflage seines bekannten Werkes „Die Pflanze“ 1882 den erwähnten Aufsatz mit geringen Abweichungen wieder aufgenommen und nun das Leuchtwesen als *Peridinium furca*, welches, nebenbei bemerkt, nur im Meerwasser bisher mit Sicherheit gefunden

¹⁾ Blackman, V. H., Observations on the Pyrocystae. The new Physiologist. Vol. I, Oktober 1902. Nr. 8. p. 187—188. Ein Referat darüber im Botan. Zentralbl. XC. Bd. 1902. p. 646.

²⁾ Bericht über die Verhandlungen d. kgl. preuss. Akademie d. Wissensch. zu Berlin. 1841. p. 102.

³⁾ Bütschli, O., Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. I. Bd. Protozoa. 2. Abt. 1883—1887. p. 1023 ff.

⁴⁾ Unterhaltungsblätter aus dem Gebiet der Natur, herausgegeben vom österreichischen Lloyd in Triest. 1856. p. 43, zitiert nach F. Ludwig, Botan. Zentralbl. 76. Bd. 1898. p. 295.

wurde, bezeichnet. In der zweiten Auflage seines zitierten Werkes von 1897 spricht der genannte Autor überhaupt nur mehr vom Leuchten der marinen Peridineen, von der Lichtentwicklung von Süßwasserperidineen findet sich darin kein Wort mehr, wahrscheinlich deshalb, weil, wie ich aus einer Bemerkung von F. Ludwig¹⁾ (Botan. Zentralbl. 1898, p. 298) ersehe, schliesslich Cohn zu der Ansicht neigte, dass auf den Peridineen lebende Photobakterien das Leuchten seiner angeblichen Süßwasserperidineen hervorgerufen haben dürften.

Die Frage nach der Leuchtfähigkeit der Peridineen des süßen Wassers wurde in neuerer Zeit von F. Ludwig, der seit einer langen Reihe von Jahren der Lichtentwicklung der Pflanze grosse Aufmerksamkeit geschenkt hat, von neuem aufgeworfen und im negativen Sinne beantwortet. Bei der Untersuchung zahlreicher Teiche in der Umgebung von Greiz (Thüringen) auf Plankton, traf er *Ceratium hirundinella* in solcher Menge, dass die Individuen in dem geschöpften Plankton in ungeheurer Zahl nebeneinander lagen, und zwar so dicht, wie das im leuchtenden Meerwasser kaum der Fall sein dürfte. Und doch gelang es dem genannten Autor trotz vielfacher Bemühungen niemals, ein Leuchten zu beobachten. Da er seine Untersuchungen erst 1—2 Stunden nach dem Fange anstellen konnte, nach welcher Zeit die Ceratien ihre Beweglichkeit schon eingebüsst zu haben schienen, so hält er es für möglich, dass vollständig frisches Material von *Ceratium* oder anderen Süßwasser-Peridineen doch noch zum Leuchten gebracht werden könnte¹⁾.

Aus der vorstehenden Literaturübersicht erhellt, dass die Fähigkeit zu leuchten, bei Süßwasserperidineen recht zweifelhaft ist, daher habe ich es unternommen, dieser Frage gleichfalls näher zu treten. Meine zunächst zur eigenen Belehrung und zu verschiedenen anderen Zwecken unternommenen Planktonstudien belehrten mich bald, dass in unseren süßen Wässern Peridineen, wie dies auch schon von anderer Seite (Schilling, O. Zacharias, Ludwig u. a.) dargetan wurde, eine häufige Erscheinung darstellen, und dass es nicht schwer fällt, sich Peridineen in mehr minder grosser Menge zu verschaffen. Die Planktonforschungen haben, dies zeigt sich auch wieder so recht in diesem Falle, neben vielen anderen Dingen auch das Eine gelehrt, wie man sich gewisse Organismen, die sonst nur ganz vereinzelt zu haben wären, in grosser Menge für das Experiment verschaffen kann.

Während eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes in Kitzbühel in

¹⁾ Ludwig, F., Leuchten unsere Süßwasserperidineen? Botan. Zentralbl. 76. Bd. 1898. p. 295—300.

Tirol (1902) untersuchte ich fast täglich den in der Nähe liegenden Schwarzsee auf sein Plankton¹⁾.

Während der Monate Juli und August waren darin hauptsächlich zwei Peridineen in grosser Menge vertreten: *Ceratium hirundinella* O. Fr. Müller (*C. macroceras* Schrank) und *Ceratium cornutum* Clapar. und Lachm. (*C. tetraceras* Schrank).

Kleine Schälchen oder kurze Eprouvetten wurden mit möglichst frischen Planktonproben, in denen neben anderen Pflanzen und Tieren hunderte lebhaft bewegliche Individuen der beiden genannten *Ceratium*-Arten vorhanden waren, beschickt und sodann während der Nacht in vollständiger Finsternis mit ausgeruhten Augen in der Weise auf ihr Leuchtvermögen geprüft, dass die Proben entweder durch Schütteln stark erschüttert oder mit mehreren oder vielen Tropfen von Schwefel-, Salz-, Salpetersäure, Alkohol, Formol oder Kalilauge versetzt wurden. Soweit unsere Erfahrungen reichen, blitzen alle auf Reize plötzlich lichtproduzierende Lebewesen auf solche Einwirkung momentan auf. Dies war aber trotz vielfacher Wiederholung mit möglichst frischem Peridineenmaterial niemals der Fall.

Als ich im Monate August Gelegenheit hatte, frisch geschöpfte Planktonproben aus dem Achensee (Tirol), in welchem *Ceratium hirundinella* in ungeheurer Menge vorkam, in der angegebenen Art auf Leuchten zu untersuchen, kam ich zu demselben negativen Resultat.

Zur selben Zeit bestieg ich den in der Nähe von Kitzbühel liegenden Juffenberg, hauptsächlich zu dem Zwecke, um den auf demselben in einer Höhe von beiläufig 1800 Meter liegenden kleinen tümpelartigen See auf Plankton zu untersuchen.

Das Wasser dieses kleinen ganz flachen Beckens, zu dem die Kühe während des Sommers zur Tränke kamen und in dem sie an heissen Tagen auch lagern, führte neben zahlreichen Crustaceen und anderen Tieren auch in grosser Zahl das *Peridinium cinctum* Ehrenbg. In der Nacht desselben Tages zeigten die Peridineen noch ihre lebhaften Bewegungen; als ich sie aber in vollständiger Finsternis in verschiedener Weise reizte, erschien nicht ein einziger Lichtfunke.

Im Sommer und Herbste 1892 trat im grossen Bassin des deutschen botanischen Gartens zu Prag neben *Volvox minor* Stein *Peridinium*

¹⁾ Die verschiedenen in diesem Plankton vorkommenden Lebewesen hat Herr Dr. Otto Zacharias (Plön) auf Grund zweier von mir übersandten Proben genau bestimmt: Siehe Zacharias, O., Zur biologischen Charakteristik des Schwarzsees bei Kitzbühel in Tirol. Biol. Zentralbl. Bd. XXII. 1902. S. 701. Derselbe Autor bestimmte auch die Planktonprobe, die ich ihm vom Achensee zur Verfügung stellte. Ebenda.

bipes Stein in beträchtlicher Menge auf. Ich hatte Gelegenheit, durch Monate hindurch mir fast täglich frisches Material mit dem Planktonnetz zu verschaffen und im ganz frischen Zustande zu prüfen — aber wieder ohne jeden Erfolg.

Ludwig¹⁾ glaubte, den Widerspruch der Cohn-Werneckschen Beobachtungen mit den seinigen durch folgende Erwägungen in Einklang bringen zu können:

1. Sein (Ludwigs) Material war, da es erst ein bis zwei Stunden nach dem Fang zur Beobachtung gelangte, nicht mehr intakt und schien seine Beweglichkeit und damit vielleicht seine Leuchtfähigkeit eingebüsst zu haben.

2. Es konnte sich bei den Cohn-Werneckschen Untersuchungen um marine Formen in einem Binnengewässer gehandelt haben.

3. Es konnte das Leuchten durch Photobakterien bedingt gewesen sein, die parasitisch auf oder in den Peridineen leben, ähnlich wie dies bei dem von Giard und Billet beobachteten Leuchten von Flohkrebse (Gammarus, Talitrus, Orchestes etc.) der Fall ist, wenn sie sich beim Fressen leuchtender Fische mit Leuchtbakterien infizieren. Es erscheint Ludwig dies um so wahrscheinlicher, weil Cohn nach einer brieflichen Mitteilung Migulas später der Ansicht zugeneigt haben soll, dass seinem Ceratium photogene Bakterien angehaftet haben könnten.

In Erwägung dieser von Ludwig hervorgehobenen Möglichkeiten möchte ich zunächst bemerken, dass ich selbst bei sehr lebhaft beweglichen Süßwasserperidineen niemals Lichtentwicklung nachweisen konnte.

Was die Angaben von dem Vorkommen mariner Formen in Binnenseen anbelangt, so traue ich mir in diesem Punkte kein Urteil zu und stütze mich lieber auf das Urteil eines in solchen Dingen gewiss erfahrenen Mannes, nämlich Bütschli, der alle einschlägigen Angaben für unbewiesen und zweifelhaft hält und der speziell von den oft zitierten Angaben Wernecks über das Vorkommen dreier mariner Formen bei Salzburg sagt: „Ich für meine Person hege keinen Zweifel, dass Wernecks Angaben auf irrtümlichen Deutungen beruhen, denn niemand anders fand diese Formen im süßen Wasser“²⁾. Gegen die zuletzt angeführte Möglichkeit, es könnte das Leuchten sekundär durch Photobakterien hervorgerufen werden, spricht meine vieljährige Erfahrung, dass Bakterien stets kontinuierlich leuchten, während bei den Peridineen

¹⁾ Ludwig, F., l. c. p. 297.

²⁾ Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. I. Bd. Protozoa v. Bütschli. p. 1024.

die Lichtentwicklung nur für wenige Augenblicke, blitzartig und auf äussere Reize erfolgt. Wäre also die von Cohn untersuchte Peridinee von Leuchtbakterien befallen gewesen, so hätte sie andauernd geleuchtet und nicht blitzartig, wie es Cohn schildert. Ich möchte noch auf einen Umstand hinweisen, der ebenfalls gegen die Fähigkeit der Süswasserperidineen, aktiv Licht zu entwickeln, spricht. Wenn im Meere leuchtende Peridineen auftreten, so kann man ihr Aufblitzen in einfachster Weise durch mechanische Erschütterung, etwa durch den Ruder Schlag bei einer Bootfahrt wahrnehmen. In unseren Süswasserseen der Alpen treten die Peridineen oft in derselben Menge, oft noch in grösserer als im Meere auf, und doch hat niemand bisher etwas dem Meeresleuchten Ähnliches in süßen Gewässern beobachten können.

Ich gelange daher zu dem Resultate: die von mir geprüften verschiedenartigen Süswasserperidineen (*Ceratium hirundinella* O. Fr. Müller, *C. cornutum* Clapar. und Lachm., *Peridinium bipes* Stein und *Per. cinctum* Ehrbg.) sind im Gegensatze zu gewissen Meeresperidineen nicht im stande Licht zu produzieren und ich kann hinzufügen, dass mir während meiner mehrjährigen Untersuchungen bis jetzt — vielleicht von Bakterien abgesehen — kein einziges Süswasserplanktonwesen weder aus dem Pflanzen- noch aus dem Tierreich untergekommen ist, welches Licht zu erzeugen im stande gewesen wäre.

III.

Das Leuchten der Pilze.

a) Hyphomyceten.

A. Das Leuchten des Holzes.

1. Historisches.

Es dürfte wenige physiologische Erscheinungen geben, die schon so frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen in so hohem Grade erregt haben, wie das Leuchten des Holzes. Namentlich in der Zeit des Aberglaubens übte der Anblick leuchtenden Holzes auf die Gemüter einen mächtigen Einfluss, und viele glaubten in dem in der Finsternis magisch leuchtenden Holze allerlei Spuck und Zauberei vermuten zu dürfen.

Die erste, an guten Beobachtungen reiche Bearbeitung der einschlägigen Tatsachen verdanken wir dem um die Lehre von der Phosphoreszenz der Körper so sehr verdienten Placidus Heinrich¹⁾.

Er gibt bereits an, dass nach seinen Beobachtungen das Holz der Birke, Buche, Eiche, Erle, Esche, echten Kastanie, Tanne, Weisstanne, Föhre, Weide und des Nussbaumes zu leuchten vermag, er glaubt vermuten zu dürfen, dass alle Arten hochstämmiger Gehölze ohne Ausnahme Licht entwickeln könnten und betont, dass in unserem Klima gewöhnlich Erlen-, Weiden-, Föhrenholz, ganz besonders häufig aber das Wurzelholz der Tanne leuchte.

¹⁾ Placidus Heinrich, Die Phosphoreszenz der Körper oder die im Dunkeln bemerkbaren Lichtphänomene etc. III. Abhandl. vom Leuchten vegetabilischer und tierischer Substanzen etc. Nürnberg 1815. p. 313 ff.

Über die Art und Weise, wie man sich leicht phosphoreszierendes Holz verschaffen könne, spricht er sich folgendermassen aus: „In Gegenden, wo der Holzangel nicht drückend ist, bleibt beim Fällen der Bäume der sogenannte Stock oder Wurzelstrunk manchmal Jahr und Tag in der Erde zurück. Die tiefgesenkten Pfahl- und Seitenwurzeln, mit Erdreich wohl bedeckt, behalten ihren Saft lange Zeit, und streben nach einer neuen Vegetation, die manchmal wirklich wieder beginnt, im widrigen Falle aber nur allmählich abstirbt. Trennt man solche Wurzeln späterhin vom Stamme, hinterlegt man sie zu Haus im Keller, oder einem feuchten Behältnis, und sorgt man für mässige Befeuchtung, so werden sie unter der Rinde bald zu leuchten anfangen, und lange damit fortfahren; die meinigen waren meistens von der Weiss- und Rottanne und von der Eiche.“¹⁾

Durch Nachahmung der natürlichen Verhältnisse könne man nach P. Heinrich ebenfalls ziemlich leicht in den Besitz von leuchtendem Holz gelangen. Zu diesem Zwecke wähle man einen gesunden Baum, grabe die stärkeren Äste nach Beseitigung der dünneren Seitenzweige in die Erde samt der Rinde ein und warte nun so lange bis der Anfang der Verwesung eintritt. Das Leuchten unter der Rinde werde dann sich bald einstellen.

Es sei auch erwähnt, dass Heinrich bereits Versuche über das Verhalten des leuchtenden Holzes in verschiedenen Flüssigkeiten (Wasser, Weingeist, Äther, Alkalien etc.) und Gasen (Stickstoff, Kohlensäure etc.) und in luftleerem Raume gemacht hat und auf Grund dieser Versuche zu dem Schlusse kam, dass das Leuchten des Holzes abhängig sei von der Anwesenheit atembarer Luft und dass die Erscheinung den Verbrennungsprozessen zuzuzählen sei. Diese Resultate verdienen Beachtung, weil der genannte Autor noch nicht wusste, dass die im Holze wuchernden Pilze das Leuchten veranlassen, sondern die sich zersetzenden Säfte des Holzes selbst für leuchtend hielt.

Die richtige Beurteilung vom Phosphoreszieren des Holzes wurde durch die Auffindung leuchtender Pilze angebahnt. Der Bergrat Derschau in Bochum schildert seine, gelegentlich einer Befahrung von Steinkohlengruben gemachten Wahrnehmungen, nachdem er hervorgehoben, dass die in den Gruben vorhandenen hölzernen Tierstöcke und Stempel mit Pilzen überzogen seien, in folgender Weise²⁾: „Der Steiger bemerkte

¹⁾ Heinrich, Pl., l. c. p. 316—317.

²⁾ Flora oder botan. Zeitung. 1823. 6. Jahrg. 1. Bd. p. 117 ff. Vergl. ferner Nees v. Esenbeck d. Ä., Nöggerath, Nees v. Esenbeck d. j. u. Bischof, Die unterirdischen Rhizomorphen, ein leuchtender Lebensprozess. Nova acta phys. med. Acad. L. C. N. C. T. XI. II. p. 603—712, ferner T. XII. p. 2, 875. Einen Aus-

mir, dass man in dieser Strecke an einzelnen Stellen keiner Lampe bedürfe, indem das Holzwerk hinreichend leuchte. Die Grubenlichter wurden dann gelöscht, und es fand sich wirklich die Strecke stellenweise matt, aber doch so weiterleuchtet, dass man die zu nehmende Richtung erkennen konnte. Bei näherer Betrachtung fand ich das Holzwerk mit bläulich leuchtenden Linien und Punkten überzogen, welche die einzelnen Tierstöcke und Kappen bezeichneten, und an einigen Stellen so hell schimmerten, dass ich bei diesem Schein die Fläche meiner Hand wahrnehmen konnte. Meine Begleiter wollten dies dem faulenden Holze zuschreiben, so oft ich aber nach jenen leuchtenden Punkten griff, gerieten immer Teile der Pflanze in meine Hand.“ Eine noch nähere Untersuchung bewies ihm, dass nur die auf dem Holze wachsende Rhizomorpha leuchtet und zwar hauptsächlich ihre weisslichen Triebspitzen. Wurden sie mit den Fingern gerieben, so leuchteten diese noch einige Sekunden lang.

Eine gute Arbeit über Rhizomorpha und über das Leuchten derselben verdanken wir Schmitz¹⁾.

Nach diesem Autor, der das Leuchten der Rhizomorphen im Walde, in der Botanisierbüchse und auch sonst unter verschiedenen Umständen im Zimmer beobachtet hat, hängt das Leuchten mit dem Leben auf das Innigste zusammen. Nur solange die Pflanze lebt, leuchtet sie. Er ist daher der Meinung, dass das Leuchten des Holzes einer anderen Kategorie von Erscheinungen zugehöre, sich von dem Leuchten der Rhizomorpha wesentlich unterscheide, weil es sich hier im Gegensatze zum Holze um einen Lebens- und Wachstumsprozess handle (p. 533).

Das Leuchten fand zur Tages- und Nachtzeit statt, auch leuchten nicht bloss die Endspitzen, wie man vielfach glaubte, sondern auch die älteren Teile. Ganz richtig ist auch die Bemerkung, dass die Rhizomorphen unter gleichen Umständen nicht gleich stark leuchten, sondern dass ihre Leuchtkraft nicht bloss von der Temperatur, sondern auch von der inneren Konstitution abhängig ist.

Bekanntlich hielt man die Rhizomorphastränge bis zur Entdeckung ihrer Zugehörigkeit zum Hallimasch, *Agaricus melleus* durch R. Hartig für Repräsentanten einer besonderen Pilzart, namens Rhizomorpha fra-

zug über diese Arbeit findet man in der Flora 1824. II. p. 419. Nach den Angaben von Alex. v. Humboldt (Über unterirdische Gasarten, Braunschweig 1799. p. 68) hat zuerst Freyesleben 1796 in den Gruben von Freiberg die Phosphoreszenz der Rhizomorpha beobachtet.

¹⁾ Schmitz, J., Über den Bau, das Wachstum und einige besondere Lebenserscheinungen der Rhizomorpha fragilis Roth. Linnaea 1843. p. 487.

gilis Roth, oder man betrachtete die subterrane und subkortikale Form als zwei Arten, *Rhizomorpha subterranea* und *R. subcorticalis* Persoon.

Merkwürdigerweise leuchtet der Hut des Hallimasch, der doch aus den dunkeln Mycelsträngen der *Rhizomorpha* entspringt, gar nicht. Doch gibt es mehrere Hymenomyceten, deren Hut leuchtet. So ist nach mehreren Angaben nicht daran zu zweifeln, dass von *Agarici* folgende Licht entwickeln: *Agaricus olearius* DC. aus Südeuropa, *A. Gardneri* Berk. (Brasilien), *A. igneus* Rumph (Amboina)¹⁾, *A. noctilucens* Lév.²⁾ (Manila), *Panus incandescens* und dann nach der Angabe von Drummond einige nicht näher bestimmte Arten Neuhollands³⁾.

Bei einem nächtlichen Spaziergange durch die Strassen der Stadt Natividade in der brasilianischen Provinz Goyaz bemerkte Gardner mehrere Knaben, die mit einem leuchtenden Gegenstande spielten, den er anfangs für ein Insekt hielt. Bei genauerem Zusehen fand er aber, dass es ein Blätterpilz, ein *Agaricus* war, dessen Huthbreite zwischen 1—2 $\frac{1}{2}$ Zoll schwankte. Er erfuhr von den Knaben, dass der Pilz in grosser Menge nicht weit von der Stadt auf den modernden Blättern einer Zwergpalme wächst, und am nächsten Tag hatte er bereits Gelegenheit, sich daselbst den Pilz in grosser Zahl zu verschaffen. Der ganze Pilz, den die Bewohner der Stadt „Flor de Coco“ nannten, strahlte ein mattgrünliches Licht, ähnlich dem der grösseren Leuchtinsekten und dem der Feuerwalzen aus, und zwar in solcher Intensität, dass er im Finstern bei dem vereinten Lichte mehrerer solcher Pilze lesen konnte. Später hat Berkeley diesen Pilz genau beschrieben und *Agaricus Gardneri* genannt⁴⁾.

Agaricus igneus wurde von Rumph auf der Insel Amboina und *Agaricus noctilucens* gelegentlich einer Weltumseglung auf der Insel Manila (Philippinen) entdeckt. Das Leuchten von *Panus incandescens* kannte die botanische Literatur bisher nicht, ich entnehme aber aus einem Buche Dr. J. Lauterers⁵⁾ darüber folgende interessante Stelle: „Spezifisch australisch ist der im Dunkeln prächtig leuchtende in ganz Ostaustralien häufige, grosse weissliche, um Baumstämme in Gruppen wachsende Blätterpilz *Panus incandescens*, der am Tage gar nichts Auf-

1) Rumphius, *Herbarium Amboinense*. T. VI. p. 130. „Die Pilze leuchten gleich Sternen mit bläulichem Lichte oder wie ein zertretener Tausendfuss.“ Die Eingeborenen tragen den Pilz wie eine Laterne in der Hand, um in der Nacht vom Wege nicht abzuirren.

2) Gaudichaud, *Montagne et Lévillé, Botanique du voyage autour du monde exécuté par Vaillant sur la Bonite en 1836—1873*. Paris 1844—1851. T. I. p. 167.

3) *Flora* 1847. p. 756.

4) Berkeley, *Introduction to Cryptogam. Bot.* London 1857. p. 265.

5) Lauterer, J., *Australien und Tasmanien*. 1900. p. 212. Freiburg i. Br.

fallendes zeigt, vielmehr den grösseren deutschen *Agaricus*-Arten völlig gleicht. Wenn man aber des Nachts durch den Busch geht und die Pilze ihr smaragdgrünes Licht erstrahlen lassen, ein Licht, bei dem man in unmittelbarer Nähe gut lesen kann, so gewinnt die liebliche, feenartige Erscheinung sogleich unser Interesse.“

Gleichfalls in Australien beobachtete Alpine¹⁾ das Leuchten von *Pleurotus candescens*, eines in Viktoria und Neusüdwaies auf totem Holze häufig auftretenden Pilzes. Im April vom Teestamme abgenommene Exemplare leuchteten mindestens eine Woche. In den ersten zwei Tagen leuchtete auch das Mycel an der Basis des Stieles, sonst aber nur die Fruchtlamellen. In der Literatur fand ich noch die Angabe, dass auch



Fig. 7.
Agaricus olearius. DC.

folgende *Agarici* leuchten sollen: *Ag. phosphorus* Berk. in Australien, *Ag. Prometheus* Berk. et C. N. in Hongkong, *Ag. lampas* Berk. und *Ag. illuminans* Berk. Die beiden letzten in Australien²⁾.

Zu den am besten studierten unter den leuchtenden Hutpilzen gehört ohne Zweifel der in Südeuropa am Fusse verschiedener Bäume namentlich aber der Ölbäume vorkommende *Agaricus olearius* DC. (siehe Fig. 7).

1) D. Mc. Alpine, Phosphoreszierende Pilze in Australien. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales 1900. Vol. XXV. p. 548—562. Ein Referat darüber: Naturw. Rundschau 1901. p. 574.

2) H. Gadeau de Kerville, Die leuchtenden Tiere und Pflanzen. Deutsche Übersetzung, Leipzig 1893, p. 16.

Battarra¹⁾ kannte bereits die Lichtentwicklung dieses von ihm unter dem Namen *Polymyces phosphoreus* angeführten Pilzes. De Candolle²⁾ lenkte von neuem die Aufmerksamkeit auf diesen Hutpilz, allein er war noch in der irrigen Meinung befangen, dass der Ölpilz erst im Zustande der Zersetzung leuchte.

Erst Delile³⁾ erkannte den richtigen Sachverhalt, indem er behauptet, dass der Pilz während der vollen Lebensenergie phosphoresziere.

Von Tulasne⁴⁾ wurde dies bestätigt, aber gleichzeitig gezeigt, dass nicht bloss das Hymenium, wie Delile meinte, leuchte, sondern dass die ganze Substanz des Pilzes, wenn auch nicht immer, zu leuchten vermöge. Gewöhnlich ist das Hymenium der Sitz der Lichtproduktion. Junge Pilze phosphoreszieren oft nur an der Oberfläche der Fruchtschicht und sonst an keinem anderen Punkte. Bei älteren Pilzen, bei denen das Hymenium nicht mehr Licht entwickelt, beginnt der Strunk zu leuchten, entweder nur oberflächlich oder auch beim Zerbrechen im Innern. Hingegen phosphoreszierten die in dicker Lage auf einem Teller aufgefangenen Sporen⁵⁾ nicht im mindesten.

Auch von *Agaricus Gardneri* wird angegeben, dass der ganze Pilz leuchte „the whole plant gives out at night a bright phosphorescent light“⁶⁾ und dasselbe scheint für den *Agaricus igneus* zuzutreffen.

Der erste, welcher die Frage, ob das Leuchten des Holzes auf einen rein chemischen Prozess, auf die Vermoderung des Holzes oder auf die Vegetation eines im Holze lebenden Pilzes zurückzuführen sei, allgemein stellte und richtig beantwortete, war Joh. Flor. Heller.

Bereits gelegentlich der 21. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Graz⁷⁾ 1843 sagte Heller: „Ich habe die leuchtenden gefaulten Hölzer genauen Untersuchungen unterworfen in der Absicht, die Ursachen des Leuchtens zu studieren und fand, dass es nicht durch den chemischen Prozess der Fäulnis, wie hisher allgemein angenommen wurde, entsteht, und dass das Leuchten dem faulenden Holze selbst gar nicht zukommt, sondern einem Kryptogame, einem Pilze,

1) Battarra, *Fungorum agri Ariminensis historia*. Faventiae. 1755. p. 40.

2) De Candolle, *Physiologie végétale*. T. II. p. 887.

3) Delile, *Nouv. exam. de la phosph. de l'Ag. de l'Olivier*.

4) Tulasne, L. R., *Sur la phosphorescence spontanée de l'Agaricus olearius DC., du Rhizomorpha subterranea Pers. et les feuilles mortes du chêne*. *Annal. d. scienc. nat.* 3. sér. Botanique. IX. T. Paris 1848. p. 338.

5) Derselbe, l. c. p. 346.

6) Gardner in Hook., *Journ. of Bot.* II. 428.

7) Sektion f. Physik u. Chemie. *Sitzungsber.* vom 19. Septbr. 1843. p. 296.

welchen ich bei der mikroskopischen Untersuchung als allein selbständig leuchtend in jedem leuchtenden gefaulten Holze entdeckte.“

Ausführlich hat dann Heller seine Ansichten und Erfahrungen in einer trefflichen, aber ganz der Vergessenheit anheimgefallenen Abhandlung¹⁾ dargestellt.

Heller nennt den von ihm im leuchtenden Holze gefundenen Pilz *Rhizomorpha noctiluca* und auch Endlicher sprach diesen Pilz, als ihm phosphoreszierendes Holz von Heller zur Bestimmung der Pilze vorgelegt wurde, als *Rhizomorpha* an.

Der Grad der Verwesung des Holzes steht nach Heller mit dem Leuchten in keinem Zusammenhange, sondern das Leuchten sei von der Entwicklung des Pilzes und den äusseren Bedingungen abhängig. Er bemerkte an erst seit paar Wochen gefälltem und im Walde liegengebliebenem Kiefernholz ein so starkes und prachtvolles Leuchten, dass man eine gewöhnliche Druckschrift dabei lesen konnte, während er stark verwesendes Holz nicht leuchten sah, wenn die Bedingungen, welche das Leuchten befördern, fehlten.

Er fand das Leuchten hauptsächlich bei Coniferen (gemeine Kiefer, Tanne, Fichte, Lärche), ferner bei Weide, Pappel, Birke, Esche, Buche, Erle und Haselnuss und zwar vorzugsweise an der Wurzel. Es leuchteten alle Teile, das Holz, die Rinde und am meisten die an die Rinde grenzenden Teile.

In einem Kapitel betreffend die Bedingungen des Leuchtens erwähnt auch Heller, dass er das Leuchten des Holzes auch unter dem Mikroskop beobachtet habe und dass es nicht die Substanz des Holzes sei, welche leuchte, sondern, wie sich auch unterm Mikroskop feststellen liess, der vom Holze abgetrennte Pilz.

Völlig unbekannt mit der verschollenen Arbeit Hellers kam F. Ludwig²⁾ in seiner Dissertation, in der sich eine gute Zusammenstellung der einschlägigen Literatur über das Leuchten der Pilze vorfindet, auf Grund eigener Studien zu derselben Auffassung über das Wesen des Leuchtprozesses beim faulen Holze. Auch ihm erscheint das Leuchten als ein rein physiologischer, durch die Vegetation der am Holze wuchernenden Mycelien hervorgerufener Prozess.

Er hat das Verdienst, zum ersten Male auch eine beiläufige spektroskopische Untersuchung des vom Holze ausstrahlenden Lichtes vorge-

¹⁾ Heller, J. Florian, Über das Leuchten im Pflanzen- u. Tierreiche. Archiv f. physiolog. u. patholog. Chemie u. Mikroskopie mit besonderer Rücksicht auf med. Diagnostik u. Therapie. N. F. Jahrg. 1853 u. 1854. Wien. p. 44 ff.

²⁾ Ludwig, Friedrich, Über die Phosphoreszenz der Pilze und des Holzes. Inaug.-Dissertation. Göttingen 1874.

nommen und die alte Angabe Achards¹⁾, demzufolge das Pilzlicht nicht durch gefärbte Gläser dringe und durch ein Glasprisma sich nicht in Farben zerlegen lasse, als unrichtig erwiesen zu haben.

Ludwig²⁾ entdeckte ferner in den Sklerotien von *Agaricus* (*Collybia*) *tuberosus* Bull, die sich mit Vorliebe auf faulenden *Russula-Lactarius*- und anderen *Agaricineen*-Arten einstellen und als *Sclerotium cornutum* beschrieben worden sind, einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz. Die Sklerotien, welche eben im Begriffe waren, Mycelien oder scheinbar direkt Fruchtkörper auszutreiben, leuchteten im Finstern. Dass auch die Sklerotien der verwandten Blätterpilze phosphoreszieren, erscheint dem genannten Forscher um so wahrscheinlicher, als nach Rumpfs Beobachtung *Agaricus* (*Collybia*) *longipes* Scop. ebenfalls leuchten soll.

Meyen³⁾ hat seinerzeit gesehen, dass Pilze, die sich bereits in einem weichen Zustande der Verwesung befanden, während der Nacht im Walde leuchteten und er fügt hinzu, dass er die leuchtende Masse mit einem Stocke an die Baumstämme streichen konnte. Ludwig sprach die Vermutung aus, dass es sich hier gleichfalls um leuchtende Sklerotien handeln dürfte.

Indem ich mir vorbehalte, auf einzelne wichtige Punkte der Arbeit Ludwigs und anderer angeführten Abhandlungen später bei meinen eigenen Untersuchungen zurückzukommen, gelange ich nunmehr auf eine für unseren Gegenstand in methodischer Beziehung wichtige Arbeit Brefelds zu sprechen, über den *Agaricus melleus* oder Hallimasch⁴⁾.

Die von so vielen Seiten seinerzeit betriebene Untersuchung der Rhizomorpha hat den Botanikern viel Kopfzerbrechen gemacht, aber nach vielfachen Irrwegen hat uns bekanntlich erst R. Hartig zur Klarheit geführt, indem er die bis dahin unbekannte Fruktifikationsform der Rhizomorpha in den Fruchträgern des *Agaricus melleus* erkannte.

Erst Brefeld blieb es jedoch vorbehalten, durch seine Kulturversuche im Laboratorium aus den Sporen des Hallimasch die Rhizomorpha zu ziehen.

¹⁾ Achard, Nouv. Mem. de l'Acad. Roy. d. Berlin. 1783. p. 98. Zitiert nach Ludwigs Dissertation.

²⁾ Ludwig, Über einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz, *Agaricus* (*Collybia*) *tuberosus* Bull. Botan. Zentralbl. XII. Bd. 1882. p. 104–106.

³⁾ Meyen, F. J. F., Neues System der Pflanzenphysiologie. II. Bd. Berlin 1838. p. 195.

⁴⁾ Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. III. Heft. Basidiomyceten I. Leipzig 1877. p. 136.

Auf Objektträgern erhielt er aus den Sporen zumeist ein kleines Mycel, auf diesem kleine Sklerotien und als weitere fortwachsende sklerotische Bildungen die Rhizomorphen. Durch Übertragung derartiger Objektträgerkulturen in mit Pflaumendekokt versehene Krystallisierschalen wurden ungemein üppige Kulturen erzielt, die Schalen wurden mit Rhizomorphen sozusagen angefüllt.

Es ist begreiflich, dass unter diesen Umständen Brefeld¹⁾ das Leuchten der Rhizomorphen nicht entgehen konnte, und dass er Gelegenheit hatte, es in grosser Intensität und lange zu beobachten. „Die ganze Oberfläche der Kulturmasse, die gleichmässig mit den Hyphen überwachsen war, erglänzte in wunderbarem Lichte. Als ich, einmal ganz zufällig den Abend über in meinem Laboratorium bleibend, die Wirkung dieser imposanten Erscheinung an mehr als 20 grossen Kulturen bei dem Öffnen des Schrankes, worin die Kulturen standen, unerwartet empfand, wich ich unwillkürlich vor Erstaunen zurück.“

Die Rhizomorphen leuchteten nur, wenn sie sich über die Kulturflüssigkeit erhoben und mit der atmosphärischen Luft in Berührung kamen, anfangs wenig intensiv, in weisslichem, etwas ins bläuliche spielendem Farbenton, später aber, wenn aus den Rhizomorphen die Hyphen ausgesprosst waren, sehr stark. Sobald die Hyphen abgestorben oder die einzelnen Stränge durch Bräunung der Rinde in einen Zustand der Ruhe übergegangen waren, hörte das Leuchten wieder auf. Immer war die Erscheinung nur bei lebenden Hyphen der Stränge, die frei in die Luft ragten und ihre Membranen noch nicht kutikularisiert hatten, zu sehen.

An Holzstücken von *Acer negundo* fand Eidam²⁾ einen Pilz, welcher im Holze, obwohl selbst aus farblosen Hyphen bestehend, auffallend blutrote bis karminrote Flecke und Streifen erzeugt, der aber mit dem die Rotfäule der Koniferen erzeugenden *Trametes pini* und *Trametes radiciperda* nichts zu tun hat, sondern eine eigene noch unbekannte Art darstellt. Bei Kultur im feuchten Raume wächst das Mycel aus dem Holze hervor und leuchtet derart, dass man die Umrisse der Holzstücke deutlich erkennen kann.

Bevor ich den historischen Abriss schliesse, muss ich noch einer kleinen Arbeit gedenken, die zum ersten Male den Versuch macht, den leuchtenden Pilz aus dem Holze nach den in der Bakteriologie üblichen

¹⁾ Brefeld, O., l. c. p. 170.

²⁾ Eidam, Blaugrün gefärbtes Holz von Birken und Buchen und blut- bis karminrot gefärbtes von *Acer negundo*. 58. Jahresber. d. schles. Ges. f. vaterländ. Kultur. 1880. (Breslau 1881). p. 188—189.

Methoden rein herauszuzüchten. Ich meine die Arbeit von F. Kutscher¹⁾. Im Besitze eines ausgegrabenen Tannenstumpfes, der in ausgezeichnete Weise in blauweissem Lichte leuchtete, konnte er sich überzeugen, dass das vom Holze abgelöste Pilzmycel für sich allein leuchte. Er übertrug den Pilz zunächst auf die in der Bakteriologie gebräuchlichen Nährböden, aber ohne Erfolg. Als er jedoch ein Buchenrindenextrakt mit 2^o/o Agar oder mit 12^o/o Gelatine versetzte und schwach alkalisch machte, gelang es ihm, leuchtende Mycelräschen von 3—4 cm im Durchmesser zu erlangen, welche die Eigentümlichkeit hatten, die Gelatine tief zu bräunen. Das weisse Mycel leuchtete vorzugsweise an der Peripherie, wo die jungen Hyphen wuchsen, es liess sich auch auf Holz überimpfen, aber es fruktifizierte leider nicht, so dass über die systematische Stellung des fraglichen Pilzes nichts ausgesagt werden konnte. Die Behauptung des Barys, dass das an nassem, weissfaulem Holze beobachtete Leuchten nicht zu den physiologischen Prozessen gehöre, also nicht von lebenden Organismen hervorgerufen werde, weist Kutscher auf Grund seiner Untersuchungen zurück. Ich werde später noch darauf zurückkommen.

2. Eigene Untersuchungen, basierend auf Reinkulturen.

Es wurde schon früher (p. 26) darüber berichtet, wie man sich nach den Erfahrungen von Heinrich mit ziemlicher Gewissheit leuchtendes Holz verschaffen kann. Es genügt zu diesem Zwecke Wurzelstümpfe, die längere Zeit im Waldboden liegen und den Beginn der Verwesung zeigen, auszugraben und sodann an feuchten Stellen niederzulegen. Die Holzstücke fangen namentlich unter der Rinde alsbald zu leuchten an. Das Ausgraben von Wurzelstücken erfordert aber recht viel Aufwand von Zeit und Mühe, auch gestaltet sich der Transport von schweren Wurzelstümpfen oft recht umständlich. Wenn man mit einem entgegenkommenden Förster in Verbindung steht, lässt sich die Sache wohl bewerkstelligen, verfügt man aber nicht über die passenden Konnexionen, so stösst die Beschaffung auf grössere Schwierigkeiten als es von vornherein den Anschein hat, da die Laboratorien gewöhnlich weit weg vom Walde in der Stadt liegen.

Um mich daher von den erwähnten Schwierigkeiten unabhängig zu machen, und um mir leuchtendes Holz für meine Versuche in bequemer Weise und zu jeder beliebigen Zeit verschaffen zu können, ging ich folgendermassen vor. Ich achtete bei meinen Ausflügen und Spazier-

¹⁾ Kutscher, Fr., Zur Physiologie der Phosphoreszenz. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chemie. XXIII. Bd. 1897. p. 109—113.

gängen auf die im Waldboden steckenden Stammstümpfe, die zum mindesten in einem solchen Zustande der Zersetzung waren, dass die Rinde an dem Holzkörper nur locker aufsass und sich mit der eisernen Spitze eines Stockes und mit den Fingern leicht abtrennen liess. War die Rinde an der Innenseite und das Holz an der Aussenseite mit Pilzmycelien versehen, so nahm ich handgrosse Stücke von Holz und Rinde davon mit. Sehr häufig sieht man namentlich bei Koniferen und bei Eichen an der Grenze zwischen Holz und Rinde dunkle vielfach verzweigte Stränge, die Rhizomorphen des *Agaricus melleus*. Aber auch Stammstücke, die keine Spuren von Rhizomorphen aufweisen, sondern nur verpilzt aussehen, können im Finstern leuchten und wurden daher mitgenommen.

Wollte ich nun leuchtendes Holz oder leuchtende Rinde mit ziemlicher Sicherheit nach Hause bringen, so sammelte ich von verschiedenen Stammstümpfen etwa 10—20 feuchte Proben, hielt diese zwischen nassem Moos oder Löschpapier feucht und breitete sie nachts vor mir aus. Wenn man nun mit ausgeruhtem Auge die einzelnen Stücke im Finstern durchmustert, so findet man regelmässig schon in der auf die Exkursion folgenden Nacht einzelne Stücke, welche an einigen Punkten oder an grösseren Flächen phosphoreszieren. Doch können manche Proben erst am zweiten oder an einem späteren Tage zum Leuchten kommen. Die leuchtenden Stücke legte ich im Zimmer unter mit nassem Filtrierpapier ausgekleidete Glasglocken oder in grosse feuchte Krystallisier-Doppelschalen und liess das Ganze, in einer Zimmerecke dem grellen Lichte entzogen, stehen.

Das Leuchten hält nicht lange an, nach 4—5 Tagen ist die Lichterscheinung gewöhnlich zu Ende, indes habe ich nicht selten die Lichtentwicklung viel länger beobachtet. Nach und nach erhält man sozusagen einen Blick für leuchtendes Holz, man lernt den Grad der Zersetzung, in welchem sich der Stammstumpf befinden muss, um zu leuchten, so genau beurteilen, dass man leicht von jedem Waldspaziergang phosphoreszierendes Holz nach Hause bringen kann.

Für die Lösung gewisser Fragen und, um Irrtümern aus dem Wege zu gehen, muss es als höchst wünschenswert erscheinen, die Pilze, die das Leuchten des Holzes bedingen, in reiner Form, in Reinkulturen zu ziehen. Diese Methodik hat bei den Untersuchungen der Bakterien und auch anderer Pilze so schöne Erfolge ergeben, dass man sich wundern muss, dass bei dem Studium der höheren Leuchtpilze die Verwendung der Reinkulturen eine so kleine Rolle gespielt hat. Hat man einen leuchtenden Pilz einmal in Reinkulturen in Händen, dann steht er immer zu Gebote, die Lichtentwicklung kann dann in ihrer

Abhängigkeit vom Substrat und anderen Faktoren geprüft und zahlreiche andere Fragen können einer exakten Lösung entgegengeführt werden.

a) Reinkulturen vom Hallimasch, *Agaricus melleus* Vahl.

Bereits Brefeld hat uns gezeigt, wie man von diesem Pilz üppige Kulturen im Laboratorium auf Pflaumendekokt erhalten kann (s. p. 33). Ich selbst gewann Reinkulturen, indem ich die eben abstäubenden Sporen des Pilzes in Pflaumendekokt-Agar impfte und in Petrischalen ausgoss. Die bald entstehenden Mycelien wurden dann auf in Erlenmeyerkolben befindliches Pflaumendekokt oder auf nicht zu nassen Brotbrei weiter verpflanzt. In beiden Medien gedeihen sie sehr gut, besonders auf Brot. Hier bilden sich entweder zylindrisch-fadenförmige oder bandartige, an der Spitze häufig gabelig verzweigte Rhizomorphen, die die ganze Brotmasse durchwuchern und nach und nach in Pilzsubstanz umsetzen. Zeitweise scheidet die Pilzmasse Tropfen von bräunlicher Farbe aus, die Tropfen können zusammenfliessen, so dass sich dann oft eine relativ bedeutende Menge von Flüssigkeit ansammelt. So bin ich gerade jetzt im Besitze einer 1 $\frac{1}{2}$ Jahre alten Reinkultur von Hallimasch in einem zwei Liter Kolben, wo die durch den osmotischen Druck des Mycel ausgechiedene Flüssigkeit schätzungsweise 15 ccm beträgt.

Wo das ursprünglich weisse Mycel oder die Rhizomorpha längere Zeit mit der Luft in Berührung ist, nimmt es eine tiefbraune, fast schwarze Farbe an. Ältere Kulturen sind daher auf der Brotoberfläche grossenteils schwarzbraun, während die am Boden des Glasgefässes entstehenden, von der Luft mehr abgeschlossenen Teile lange Zeit eine rein weisse Farbe aufweisen.

Die ganz jungen, noch weissen Mycelien leuchten nicht oder wenig, erst wenn das Mycel Rhizomorphen bildet, stellt sich im Kontakte mit der Luft das Leuchten ein, besonders die jungen aus den Rhizomorphen entspringenden Mycelräschen leuchten im Finstern in weisslichem Lichte. Während das vom Hallimasch durchsetzte, im Walde gesammelte Holz, zu Hause im feuchten Raume aufbewahrt, gewöhnlich nur einige wenige Tage leuchtet, entwickelt der Pilz auf Brot rein kultiviert durch mehrere Monate hindurch Licht. Es sind zwar nicht dieselben Mycelstellen, von denen das Licht ausstrahlt, sondern der Pilz wächst eben lange Zeit fort, verjüngt sein Mycel und seine Rhizomorphen, und diese relativ jungen Teile produzieren Licht, während die alten nach und nach erlöschen.

In der langen Leuchtdauer liegt ein grosser Vorteil der Reinkultur. Hat man einmal eine solche im Laboratorium, so genügt es jedes Vierteljahr davon abzuimpfen, um stets schönes Material für Versuche und Vorlesungen zu haben. Reinkulturen leuchten eben monatelang.

Von Interesse ist, dass bei Kultur in Pflaumendekoktlösung die submers lebenden Mycelien niemals Rhizomorphen bilden, erst wenn das Mycel den Flüssigkeitsspiegel erreicht, also mit der Atmosphäre in Berührung kommt, nehmen die Rhizomorphenstränge von hier ihren Ausgang. Sie wachsen dann in die Flüssigkeit hinein oder seltener von dieser weg in die Luft, eine Lichtentwicklung tritt aber nur in den nicht untergetauchten Teilen auf.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass es Brefeld gelungen ist, den *Agaricus melleus* von der Spore bis zur Rhizomorpha, aber nur bis zu dieser, auf künstlichem Substrate zu ziehen. Er sagt: „An meinen künstlich gezogenen Rhizomorphen ist im nächsten Herbst keine Fruktifikation erfolgt, sie leben noch, werden aber unter den erschwierenden Umständen mehrjähriger Erhaltung wohl kaum den zweiten Herbst erreichen. Vielleicht fruktifizieren die Rhizomorphen überhaupt erst nach mehreren Jahren und nicht im ersten“ (l. c. p. 169).

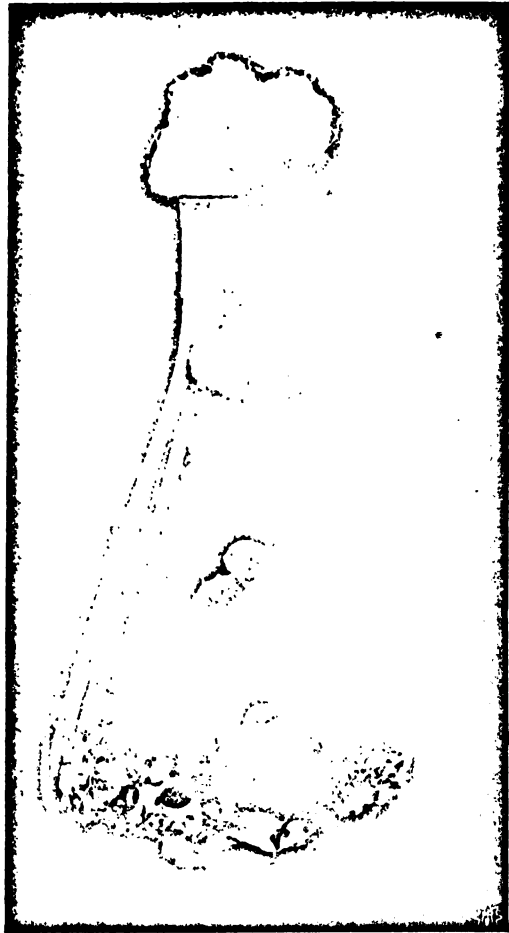


Fig. 8.

Agaricus melleus Vahl.

Reinkultur mit drei Fruchtkörpern in Erlenmeyerkolben auf Brot.

Ich bin in der angenehmen Lage, mitteilen zu können, dass es mir glückte, noch einen Schritt weiter zu gelangen: ich konnte den genannten Pilz bis zum vollkommen entwickelten Fruchtkörper auf Brot ziehen. Am 11. Januar 1900 wurde auf nassem



Fig. 9.
Agaricus melleus Vahl.
Fruchtkörper aus dem Walde.

Brote im Erlenmeyerkolben eine Hallimaschkultur angelegt. Sie bildete alsbald ein dichtes Gewirre von Rhizomorphasträngen, von denen zahlreiche in büschel- oder fächerartiger Form über das Substrat emporwuchsen. Nach und nach wurde nahezu das ganze Brot aufgebraucht und ging sozusagen in Pilzsubstanz über, so dass man das Brot gar nicht mehr erkennen konnte. Nach etwa zwei Monaten am 20. März 1900 kamen zu meiner grossen Überraschung drei Fruchtkörper hervor, die in der umstehenden Figur 8 zu sehen sind.

Dass die Fruchtkörper im Kolben unter den künstlichen Bedingungen von den im Walde unter natürlichen Verhältnissen erwachsenen — siehe Figur 9 — einigermaßen abweichen, darf wohl nicht Wunder nehmen.

Fast jede dritte Kultur liefert, wie ich mich später durch vielfache Versuche überzeugte, Fruchtkörper, wofern man nur dafür sorgt, dass das Substrat nach üppiger Entwicklung der Rhizomorphen allmählich seinen Feuchtigkeitsgehalt verliert, ohne aber vollständig einzutrocknen. Damit ist der Beweis geliefert, dass einer unserer stattlichsten Hymenomyceten in Reinkultur bis zur Fruchtbildung im Laboratorium gezogen werden kann. Dies führt auf den Gedanken und erweckt die Aussicht, dass vielleicht der *Agaricus melleus*, bekanntlich ein geniessbarer und sehr wohlschmeckender Hutpilz, ähnlich wie der Champignon auch im grossen gezogen werden könnte, sobald man die richtigen Bedingungen hierfür geschaffen haben wird.

b) Reinkulturen vom Mycelium x.

Auf Grund meiner vieljährigen Erfahrungen kann ich es aussprechen, dass in der Mehrzahl der Fälle innerhalb Mitteleuropa das Leuchten des Holzes und der Rinde bei der Föhre, Fichte, Birke, Eiche und Buche auf den Hallimasch, *Agaricus melleus*, zurückzuführen ist. Doch kann das Leuchten des Holzes auch noch von anderen Pilzen hervorgerufen werden, unter anderem von einem Pilz, dessen Lichtentwicklung ich vor drei Jahren entdeckt habe, den ich aber, weil es mir trotz vielfacher Bemühungen bisher noch nicht gelungen ist, ihn zur Fruktifikation zu bringen, nicht bestimmen konnte. Er sei daher vorläufig einer bequemen Ausdrucksweise wegen als Mycelium x bezeichnet.

Am 13. Oktober 1900 sammelte ich im Walde von Kuchelbad bei Prag von einem Stammstumpf ein Stück Eichenrinde, welche an der Innenseite nachts deutlich leuchtete. Ich impfte von dem hier vorhandenen Mycel auf Pflaumendekokt in fünf Epouretten ab. In vier Proberöhrchen erschien hierauf *Penicillium*, in dem fünften aber ein weisses Mycel, welches Licht produzierte. Dieses leuchtende Mycel wurde in einer sterilisierten Petrischale mit einer sterilisierten Nadel in kleine Stückchen zerlegt und sodann in Erlenmeyerkolben auf nasses sterilisiertes Brot oder auf Pflaumenextrakt behufs Impfung übertragen. Die darin aufkeimenden Kulturen waren begreiflicherweise nicht immer rein, häufig machten sich noch *Penicillium* oder *Aspergillus* breit, aber in einzelnen Kulturen, namentlich auf Brot, entwickelte sich, vielleicht von Bakterien und Sprosspilzen abgesehen, das Mycelium allein. Indem ich von diesem etwas in meiner Nährlösung¹⁾ mit 10% Gelatine verteilte und in Petrischalen ausgoss, gelangte ich zu tadellosen Reinkulturen, mit denen ich seither fortwährend arbeite.

Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im diffusen Lichte beginnt schon nach wenigen Tagen auf Brot das Mycel sich von der Impfmasse aus kreisförmig auszubreiten und auch zu leuchten. Obwohl das Wachstum des Pilzes ein relativ langsames ist, überzieht er doch nach zwei bis mehreren Monaten handgrosse Brotflächen als dichte Mycelmasse, in

¹⁾ Zusammensetzung 500 g H₂O,
15 g Rohrzucker,
3 g Chlorammonium,
0,25 g Schwefelsaure Magnesia,
0,25 g Monokaliumphosphat,
Spur Eisen.

Vergl. H. Molisch, Die mineralische Nahrung der niederen Pilze. Sitzber. d. Kais. Wiener Akad. I. Abt. Bd. CIII. 1898.

jüngeren und nicht zu alten Teilen von schneeweisser, in den ältesten zentral gelegenen Teilen von hellbrauner Farbe.

Er besteht aus schmalen, spärlich septierten und verzweigten Hyphen.

Von Tag zu Tag wartete ich auf die Fruchtbildung, allein obwohl ich den Pilz auf den verschiedensten Substraten, so auf Holz, Reis, Brot, Pflaumendekokt und Gelatine mit Erfolg durch drei Jahre hindurch kultiviere, kam immer noch keine Fruktifikation zum Vorschein.

Das Pilzmycel hat die Eigentümlichkeit, bei üppiger Vegetation an einzelnen Stellen Tropfen auszuschleiden und hier erscheinen dann kleine, etwa 1—2 mm breite, knopfförmige Scheibchen, die äusserlich an die Fruchtkörper von *Ascobolus* erinnern. Niemals fand ich jedoch in diesen Gebilden Schläuche oder irgendwelche andere Fruchtorgane. So bin ich denn bisher ausserstande, zu sagen, welchem Pilze das Leuchtmycel angehört. Der Pilz scheint in der Umgebung von Prag gar nicht so selten zu sein, denn ich konnte ihn zu wiederholten Malen aus Holz- und Rindenstücken des Waldes rein herauszüchten.

Für Studien über das Leuchten von Pilzen stellt das Mycelium x eingigeradezu ausgezeichnetes Objekt dar, weil Kulturen davon nicht etwa nur Tage oder Wochen, sondern kontinuierlich bei genügendem Nährmaterial in grossen Kolben 1—1½ Jahre Licht entwickelten. Für Demonstrationen in den Vorlesungen und für Untersuchungen über die Natur des Pilzlichtes kann ich kein geeigneteres Material empfehlen als das Mycelium x, zumal es, wenn es einmal in Reinkultur vorliegt, mit Leichtigkeit weiter gezogen werden kann.

Der Pilz produziert weisses Licht, am Beginn seiner Entwicklung relativ starkes, stärkeres als der Hallimasch, später leuchtet er mit abnehmender Intensität.

c) Reinkulturen von *Xylaria*-Arten.

In der Literatur findet sich seit längerer Zeit die bisher meines Wissens ohne Widerspruch gebliebene Angabe, dass die Rhizomorphen der *Xylarien* oder die allenthalben an Holz verbreiteten Mycelien derselben unter den zur Rhizomorphabildung günstigen Verhältnissen zu leuchten vermögen.

Von Ludwig¹⁾ wird speziell *Xylaria Hypoxylon* als ein Pilz angeführt, der die sogenannte „Lichtfäule“ des Holzes hervorrufen kann und

¹⁾ Ludwig, F., Über die Phosphoreszenz der Pilze und des Holzes. Inaug.-Diss. 1874. p. 29. Derselbe, *Micrococcus Pflügeri* Ludw., ein neuer photogener Pilz. *Hedwigia*. 23. Bd. 1884. p. 33. Derselbe, Lehrbuch der niederen Kryptogamen. Stuttgart 1892. p. 324.

in einer wertvollen Abhandlung, in welcher der genannte Autor das Licht verschiedener Pilze spektroskopisch prüft, beschreibt er sogar das angeblich von *Xylaria Hypoxylon* ausstrahlende Licht¹⁾.

Er sagt: „Nachdem schon ältere Schriftsteller und neuerdings Crié die Phosphoreszenz dieses Pilzes behauptet, trug ich, um diese Angaben zu kontrollieren, von verschiedenen Stellen um Greiz trockenes und von dem Pilz in Fäule versetztes Holz, beide mit den Rhizomorphen und *Xylostroma* desselben ein“ „Holz und Mycel leuchteten teils sofort, teils — wo keine Rhizomorphenbildung vorhanden war — nach einigen Tagen, wenn es an feuchtem Ort aufbewahrt wurde (in der Botanisiertrommel leuchtete das am ersten Tag dunkle Holz noch nach 14 Tagen und später).“

Auch in seinem Lehrbuche der Kryptogamenkunde (l. c. p. 527) sagt Ludwig: „Noch sicherer ist es, das Leuchtholz zu finden, das seine Phosphoreszenz der *Xylaria Hypoxylon*, einem sehr verbreiteten und zu jeder Jahreszeit auf Buchenstöcken etc. zu findenden, unten schwarzzottigen, oben weissen, öfter geweihartig verzweigten Keulenpilz verdankt.“

Crié²⁾ führt speziell *Xylaria polymorpha* Grev. als leuchtend an und glaubt, dass dasselbe mit der Atmung der Konidienträger zusammenhängt.

Wie sicher die Ansicht über das Leuchten des Holzes infolge von *Xylaria* gilt, entnehme ich auch aus einem Buche von Müller Hellmuth³⁾, der seinen Lesern folgende Methode zur Beschaffung leuchtenden Holzes empfiehlt: „Einstellen von Wurzelstücken oder Stöcken von Nadelhölzern mit den Mycelien von *Agaricus melleus* oder von Buchen mit dem Mycelium von *Xylaria Hypoxylon* auf einen Tag in einen feuchten Keller; hierauf Überführung der Stücke in ein dunkles Zimmer. Ergebnis: Phosphoreszenz, Leuchten des Holzes.“

Xylaria Hypoxylon L. Die Schlauchsporen dieses frisch aus dem Walde geholten Pilzes keimen leicht. Werden Sporen davon in die auf p. 39 angegebene Nährgelatine gebracht, so bilden sich schon nach einigen Tagen kleine schneeweisse Räschen, die sich mit der sterilisierten

1) Ludwig, F., Über die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. I. 1884. p. 189.

2) Crié, L., Sur quelques cas nouveaux de phosphorescence dans les végétaux. Comptes rendus T. 93. Jul.-Dec. 1881. p. 853—854. Derselbe, La phosphorescence dans le regne végétal. Revue scientifique de la France et de l'étranger. Vol. XXIX. No. 10, 11. 1882. Ein Referat darüber in Just. Jahresbericht. X. 1882. p. 201.

3) Müller, Hellmuth, Pflanzenphysiologische Schulversuche. Beilage zum Programm d. k. Gymn. m. Realklassen zu Landsberg a. W. 1900. p. 22.

Nadel leicht abheben und auf Brot in Erlenmeyerkölbchen weiter kultivieren lassen. Das Mycelium wächst relativ langsam, stellenweise heben sich davon weisse strangartige Flocken ab. Sobald das Mycel eine grössere Fläche überzogen hat, beginnt es sich von der Mitte aus zu schwärzen, und wenn die Schwärzung grössere Dimensionen erreicht hat, dann lässt auch das Auftreten der Fruchtkörper nicht mehr lange auf sich warten. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im Herbst und bei diffusem Lichte traten die ersten jungen Fruchtkörper etwa nach drei bis vier Wochen auf.

Sie sind an ihrer Spitze schneeweiss, werden nach unten grau bis tiefschwarz und erinnern mit ihrer Farbe und dem sammtartigen Charakter ihrer Oberfläche lebhaft an einen Maulwurfspelz. Bei einseitiger Beleuchtung krümmen sich die Fruchtkörper wunderschön positiv heliotropisch zum Lichte und gleichzeitig scheiden sie an ihrer Oberfläche

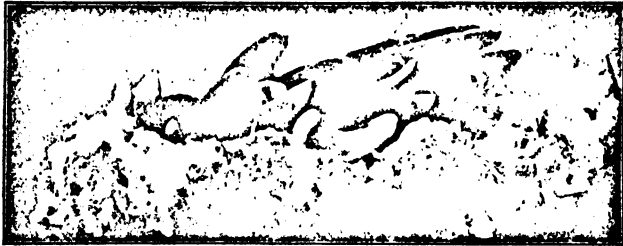


Fig. 10.

Xylaria Hypoxylon L. in Reinkultur auf Brot. Die Fruchträger zeigen deutlichen positiven Heliotropismus.

oft zahlreiche grosse wasserklare Tropfen aus. Es eignet sich dieser Erscheinungen wegen unser Pilz in ausgezeichnete Weise zu Demonstrationsversuchen über Heliotropismus und Guttation.

Auffallend ist die grosse Plastizität der wachsenden Fruchtkörper. Sobald er an die Glaswand anstösst, schmiegt er sich derselben auf das innigste an und bleibt an der Kontaktstelle weiss, während die mit Luft in Berührung befindlichen Teile sich mit dem Alter immer mehr schwärzen. Die obenstehende Figur 10 stellt eine Photographie einer 2 1/2 Monate alten Reinkultur von *Xylaria Hypoxylon* dar.

Niemals habe ich auch nur eine Spur von Lichtentwicklung bei diesem Pilze gesehen, obwohl ich ihn schon vier Jahre auf den verschiedensten Substraten (Brot, Gelatine, Pflaumendekokt, Holz und Rinde) ziehe und nicht bloss die Fruchtkörper, sondern auch das Mycel und die rhizomorphaartigen Stränge desselben genau geprüft habe.

Im grossen und ganzen ähnlich verhalten sich die Reinkulturen von *Xylaria Cookei*. Dieser mit tropischen Pflanzen eingeschleppte Glaspilz findet sich auf Holzkübeln von im Warmhaus stehenden Gewächsen sehr häufig mit seinen schwarzen Fruchtkörpern vor. Seine Askosporen konnte ich in derselben Weise wie bei der vorher behandelten Art zur Keimung bringen und auf Brot und anderen Substraten weiter reinkultivieren. Auf Brot gedeiht der Pilz ausgezeichnet, er entwickelt hier ein zunächst schneeweisses Mycel, das anfangs keine flockenartigen Stränge bildet und sich auch etwas später von der Mitte aus schwärzt. Nach 4—5 Wochen zeigen sich auf dem nun schwarzgrau gewordenen Mycel die ersten Fruchtanlagen. Sie sind gleichfalls heliotropisch, scheiden Tropfen aus, sind häufig geweihartig verzweigt, sind aber viel schlanker als die von *Xyl. Hypoxylon*. Eine Lichtentwicklung war auch bei diesem Pilze auch nicht spurenweise zu bemerken.

Aus den mit zwei Arten von *Xylaria*, nämlich mit *Xylaria Hypoxylon* und *X. Cookei* durchgeführten Versuchen ergibt sich übereinstimmend, dass sie unter den bei meinen Versuchen obwaltenden Bedingungen nicht zu leuchten vermögen, weder in Form des Mycels noch in der der Fruchtkörper, noch in der derber Häute oder rhizomorphaähnlicher Stränge. Allein man könnte einwenden, dass, ebenso wie die Leuchtbakterien bei lange fortgesetzter Kultur auf künstlichen Nährböden ihr Leuchtvermögen teilweise oder ganz einbüßen, vielleicht auch die *Xylaria* unter den künstlichen Kulturbedingungen sich eben anders verhält als in der freien Natur. Um darüber ins Klare zu kommen, habe ich in den letzten Jahren oft Holz, das von *Xylaria* in seinen verschiedensten Entwicklungsstadien besetzt war, auf Leuchten geprüft. Ich konnte aber niemals an solchem *Xylaria*-Holze, wenn es nicht noch von irgend einem Leuchtpilz besetzt war, eine Lichtentwicklung beobachten. In den wenigen Fällen, wo solches Holz leuchtete, konnte ich daraus den Hallimasch oder das Mycelium *X* herauszüchten und diese beiden Pilze als Urheber der Lichtentwicklung erkennen.

Es erklärt sich demnach der Widerspruch zwischen meinen negativen Beobachtungen und den positiven Angaben in der Literatur damit, dass das Leuchten des Holzes, welches neben anderen Pilzen auch von *Xylaria Hypoxylon* besetzt war, ohne weiteres auf den genannten Pilz zurückgeführt wurde. Ein im Walde gesammeltes Stück Holz führt aber gewöhnlich nicht einen Pilz, sondern weist an seiner Oberfläche und in seinem Innern eine ganze Flora von Pilzen auf. Und ebenso wie niemand, der einen toten leuchtenden Fisch vor sich hat, bei mikroskopischer Beobachtung der auf der Oberfläche lebenden verschiedenen Bakterien

ohne Reinkulturen entscheiden kann; welche von den hier vorhandenen Bakterien das Leuchten hervorrufen, so wird man auch bei der Beurteilung der Urheberschaft des Leuchtholzes sehr vorsichtig vorgehen und in zweifelhaften Fällen stets Reinkulturen auf verschiedenem, wenn möglich auf natürlichem Substrat heranziehen müssen. Dies habe ich bei *Xylaria* getan, und es hat sich ergeben, dass die von mir untersuchten Spezies dieser Gattung aus der Reihe der Leuchtpilze zu streichen sind.

Von diesem Gesichtspunkte wird es wohl notwendig sein, auch noch andere höhere Pilze, deren Mycel als leuchtend angeführt wird, in Zukunft durch Reinkulturen auf ihr Lichtentwickelungsvermögen zu prüfen, und zwar wird es sich in erster Linie empfehlen, das Augenmerk auf *Trametes pini*, *Polyporus sulfureus*, *Heterobasidium annosum*, *Carticium coeruleum* (Schröd.), Fr. = *Auricularia phosphorea* Sch. und *Polyporus citrinus* (= *caudicinus* Schaef.) Schröd. zu richten, die in der Literatur als Leuchtpilze genannt werden¹⁾.

d) Schlussbemerkungen.

Wie ich bereits auf p. 30 angegeben, war Heller der erste, welcher die früher allgemein angenommene Ansicht, dass das Leuchten ein rein chemischer, auf der Zersetzung der Holzsubstanz beruhender Prozess sei, als falsch erkannt hat. Nach Heller liegt hier ein biologischer Prozess vor, das Leuchten wird durch ein Lebewesen, durch einen Pilz hervorgerufen. Ohne Kenntnis von der Arbeit Hellers kam F. Ludwig²⁾ auf Grund seiner Studien zu demselben Resultate.

Th. Hartig³⁾ hingegen gewann an der Hand eines Stückes weissfaulen leuchtenden Pappelholzes die Überzeugung, dass das Licht nicht von dem das Holz durchdringenden Pilz, sondern von der toten Substanz des sich zersetzenden Holzes ausströme.

Merkwürdigerweise äusserte sich über unsere Frage kein Geringerer als de Bary⁴⁾ in ganz demselben Sinne mit den Worten: „Das phosphoreszierende, dem der beschriebenen Pilze ähnliche und unter den gleichen Bedingungen eintretende Leuchten, welches an nassem und weissfaulem Laub- und Nadelholze vielfach beobachtet wird, gehört nicht zu den physiologischen Prozessen. Es ist schwer zu entscheiden, ob es von

¹⁾ Ludwig, F., Lehrbuch der Kryptogamenkunde. 1892. p. 529.

²⁾ Ludwig, F., Über die Phosphoreszenz etc. I. c. p. 29—30.

³⁾ Hartig, Th., Über das Leuchten des weissfaulen Holzes. Bot. Zeitung. 1855. p. 148.

⁴⁾ De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze etc. p. 230 in Hofmeisters Handbuch d. physiol. Botanik etc. II. Bd.

lebenden Pilzen herrührt, wie manche vermuteten (Röper, in Decandolles Pflanzenphysiol. II. 680; Treviranus Physiol.) oder von der Verbrennung des Holzes selbst, denn die modernsten Zellen des letzteren werden oft allenthalben von Pilzfäden durchwuchert und können von diesen nicht getrennt werden.“ Nach unseren gegenwärtigen Erfahrungen namentlich auf Grund der Reinkulturen kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir es im Leuchten des Holzes mit einem biologischen Vorgang zu tun haben, der durch Pilze hervorgerufen wird. Die Reinkulturen gestatten es, zu zeigen, dass der Pilz für sich allein leuchtet, und dass das Holz, mit dem Pilze geimpft, scheinbar selbstleuchtend wird.

Es wurde auch von mancher Seite behauptet, dass die Lichtentwicklung nicht bloss auf die Zelle beschränkt sei, sondern durch Ausscheidungen auch auf die Umgebung der Zelle also auf das Substrat übertragen werden könne. Ähnlich wie gewisse Farbstoffe aus den gefärbten Pilzhypen in das Holz hineindiffundieren und dasselbe färben — man erinnere sich nur an das grünfaule Holz, welches bekanntlich seine grüne Färbung einem Pilze der *Peziza aeruginosa* verdankt — und ähnlich wie gewisse Bakterien nach aussen bestimmte Farbstoffe sezernieren und die Umgebung färben, so sollten auch die Leuchtpilze einen leuchtenden Stoff ausscheiden und das Substrat auf einige Entfernung hin leuchtend machen können. Auch glaubten Nees v. Esenbeck und Bischoff bei den Rhizomorphen einen abgesonderten Schleim zu finden, der für sich leuchte und den damit eingeriebenen Finger leuchtend mache. Diese Beobachtungen kann ich nicht bestätigen. Was zunächst die Rhizomorphen des Hallimasch anbelangt, so ist es zwar richtig, dass man durch Reiben leuchtender Stücke die Finger leuchtend machen kann, allein dies ist nur dann möglich, wenn man auf die Finger wirklich leuchtende Zellen bringt. Dies geschieht in der Tat beim Zerreiben der leuchtenden Stränge, nur wenn bei der Bearbeitung mit den Fingern Zellen von den Strängen abgeschabt und auf die Oberfläche der Finger gebracht werden, leuchten diese.

Bei meinen Reinkulturen habe ich gleichfalls durch mehrere Jahre hindurch auf das Sorgfältigste geprüft, ob sich das Leuchten auch ausserhalb des Myceliums einstelle, aber ich habe hiefür nicht den mindesten Beleg gefunden. Immer war das Leuchten auf den Pilz selbst beschränkt und von einer Ausscheidung einer leuchtenden Substanz nach aussen in die Umgebung war nie etwas zu bemerken. Die Lichtentwicklung erfolgt daher, soweit unsere Beobachtungen reichen, nur intrazellulär.

Schliesslich möchte ich noch einer Ansicht entgegenreten, die hie und da in der Literatur immer wieder auftaucht, dass an dem Leuchten

des Holzes auch Bakterien beteiligt sein dürften. Ich kann hiezu bemerken, dass ich fast Hundert den verschiedensten Orten (auch den Tropen) entstammende Proben von Leuchtholz in meinen Händen gehabt und darauf hin untersucht habe, ohne auch nur den geringsten Anhaltspunkt für die geäußerte Vermutung zu finden.

3. Über das Blitzten des Holzes.

Charakteristisch für das Leuchten des Holzes, welches durch Pilze bedingt wird, ist, dass es tage-, ja wochenlang ununterbrochen Tag und Nacht andauert, mit einem Worte, dass es kontinuierlich ist.

Bei meinen Studien habe ich nun auch ein Leuchten faulen Holzes kennen gelernt, wie es bisher nicht beschrieben wurde und das von dem gewöhnlichen dadurch abweicht, dass das Holz nicht andauernd sondern blitzartig aufleuchtet.

Im Herbst 1901 sammelte ich im kaiserlichen Tiergarten „Stern“ bei Prag ein faustgroßes Stück eines vermodernden noch mit Rinde umkleideten Holzes, welches ich in eine Krystallisierschale legte und von Zeit zu Zeit auf Lichtentwicklung prüfte. In den ersten 2 Wochen blieb alles dunkel. Als ich aber hierauf die Schale im Finstern schüttelte, blitzte zu meiner grossen Überraschung das Holz an mehreren Stellen in winzig kleinen Pünktchen auf, um nach mehreren Sekunden bis einer halben Minute wieder zu verlöschen.

Da, wie ich später noch hervorheben werde, das Licht der Pilze im Gegensatz zu dem der meisten Tiere stets dadurch ausgezeichnet ist, dass es relativ lange Zeit andauert und nicht erst auf äussere Reize hin, sondern gewissermassen spontan auftritt, so kam mir sofort die Vermutung, dass es sich hier nicht um eine Lichtentwicklung von Pilzen, sondern um eine solche von Tieren handeln dürfte.

Es war nicht ganz leicht, der Sache gleich auf den Grund zu kommen, da die entstehenden Lichtpunkte ausserordentlich klein waren. Nach mehrfachen Bemühungen glückte es mir aber immer, wenn ich aus der Dunkelkammer mit den aufblitzenden Sternen ins Licht eilte, festzustellen, dass das Licht von einem kleinen Insekt, der *Neanura muscorum* Templeton ausging, einem zu den Collembolen (Springeschwänzen) gehörigen Tier, das überall unter Blumentöpfen, Steinen, also meistens an dunkeln Orten lebt und hier ein improvisiertes Höhlenleben führt¹⁾.

¹⁾ Für die gütige Bestimmung dieses Insektes bin ich Herrn K. Absolon in Prag zu grossem Danke verpflichtet. Ich habe in der zoologischen Literatur, soweit

Dass dieses Insekt das Blitzen des Holzes verursacht, darüber kann kein Zweifel sein; denn wenn ich mehrere dieser Tierchen in eine kleine Eprouvette hineingab und kräftig schüttelte, so entstanden ebensoviele Lichtpunkte als Tiere vorhanden waren. Bei mehrfacher Wiederholung des Versuches gibt die *Neanura* kein Licht; lässt man die Tiere aber wieder einige Zeit in Ruhe, dann antworten sie auf mechanische Reize wieder mit einem plötzlichen Aufleuchten.

Das Blitzen des Holzes konnte ich monatelang beobachten, es scheint also dass die *Neanura* jederzeit zu blitzen vermag, während bekanntlich andere Tiere wie gewisse Myriopoden und Regenwürmer nur unter ganz besonderen Umständen leuchten. Ludwig beobachtete vor einiger Zeit zwischen Holzstücken, die von *Hallimaschmycel* durchsetzt waren, leuchtende Exemplare von *Scoliopterus acuminatus* = *cranipes* C. Koch und er hält es für wahrscheinlich, dass diese Tiere kein eigenes Leuchtorgan besitzen, sondern dass sie *Hallimaschmycel* fressen und die Leuchtsubstanz desselben in den Tieren weiter fortleuchtet. „Die leuchtenden Tiere, welche wir fanden, lebten in dem lichtfaulen Holz und mögen von dem leuchtenden Mycel des Pilzes oder seinen Ausscheidungen gefressen haben“¹⁾. Dass gewisse Myriopoden nur unter bestimmten Umständen leuchten, kann ich aus eigener Erfahrung bestätigen. Vor zwei Jahren fand ich in meinem warmen Gewächshause unter Blumentöpfen einen kleinen, mir nicht näher bekannten Tausendfuss aus der Abteilung der Chilognathae, der sehr schön leuchtete. Als ich aber einige Tage darauf und in den folgenden Monaten mehrmals auf diesen Myriopoden Jagd machte, gelang es mir zwar mehrere Exemplare zu erbeuten, aber ein leuchtendes zu fangen, gelang mir nicht mehr. Es wäre ja immerhin möglich, dass die Vermutung Ludwigs, das Leuchtvermögen hänge mit der Nahrung zusammen und sei von ihr abhängig, richtig ist. Um dies zu entscheiden, müsste man die Tiere in der Natur und in der Gefangenschaft eingehend beobachten und Fütterungsversuche mit Reinkulturen von photogenen Pilzen anstellen, ein Gedanke, den auch schon Ludwig ausgesprochen hat.

B. Über leuchtende verwesende Blätter.

Als ich im Winter 1897/98 auf Java weilte, schenkte ich dem Leuchten von Pflanzen und Tieren grosse Aufmerksamkeit. In der Nähe

sie mir zugänglich war, nirgends eine Angabe über das Vermögen dieses Tieres, Licht zu entwickeln, gefunden, weshalb ich die Aufmerksamkeit der Zoologen darauf lenken möchte. Es dürfte bei genauerer Untersuchung der Collembolen und ihrer Verwandten auf ihre eventuelle Lichtproduktion hin sich vielleicht ergeben, dass die Fähigkeit des Leuchtens auch noch bei anderen Arten oder Gattungen dieser Tiergruppe vorkommt. Ich glaube diese Vermutung um so sicherer aussprechen zu dürfen, als auch Dubois (*Leçons de Physiologie générale et comparée*. Paris 1898. p. 419) in der Umgebung von Heidelberg im Oktober 1886 bei einer nahe verwandten Gattung, bei *Lipura noctiluca*, zufällig im Boden eines Hopfenfeldes das Leuchtvermögen entdeckte.

¹⁾ Ludwig, F., Phosphoreszierende Tausendfüssler und die Lichtfäule des Holzes. *Zentralbl. f. Bakteriologie etc.* II. Abt. Bd. VII. 1901. p. 270.

meiner Wohnung im Botanischen Garten zu Buitenzorg stand eine Rotangpalme, auf deren alten abgestorbenen Blättern sich ein kleiner weisser *Agaricus*¹⁾ entwickelte, der im bläulichgrünen Lichte so intensiv leuchtete, dass man ihn auf 20 Schritte und mehr deutlich erkennen konnte. Abends, wenn ich auf der Veranda vor meinem Hause, das mir Herr Direktor Treub in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte, sass, kamen malayische Knaben und Mädchen herbei und boten mir, auf ihren Fersen hockend, leuchtende Insekten, leuchtendes Stamm- und Wurzelholz an, da sie wussten, dass ich mich hierfür interessiere. Die gesammelten Objekte bewahrte ich im feuchten Raume von Glasgefässen im Schlafzimmer auf, und so war es mir möglich, die Lichtentwicklung längere Zeit hindurch zu beobachten. Wenn ich nachts aus dem Schlafe erwachte und durch das Moskitonetz meines Bettes hindurch mit den ausgeruhten und nunmehr für die kleinsten Helligkeiten empfindlichen Augen auf die weisslichen, grünlichen oder bläulichen Leuchtobjekte, die den Raum mit einem magischen Dämmerlichte erfüllten, blickte, wähnte ich in einer Geisterstube zu sein. — Gleich bei meinen ersten nächtlichen Spaziergängen in Buitenzorg fand ich einen höchst auffallenden Gegenstand: leuchtende verwesende *Bambusa*abblätter. Die vollständig abgestorbenen, gelb und strohig gewordenen Blätter verschiedener *Bambusa*-Arten leuchten im feuchten Zustande im weisslichen Lichte. Dies ist in Buitenzorg bei *Bambusa* eine häufige Erscheinung. Bei weiterem Nachforschen zeigte es sich, dass dieses Phänomen nicht auf *Bambusa* allein beschränkt ist, sondern dass es bei den abgefallenen toten Blättern auch anderer Pflanzen vorkommt, so bei *Nephelium* sp., bei *Nephelium lappaceum*, *Aglaia tomentosa* und anderen. Die Lichtentwicklung währt, wofern man die Blätter im feuchten Raume hält, oft eine bis mehrere Wochen. Der Hortulanus im Buitenzorger Garten Herr Smith hatte die Güte, mir später, nachdem ich ihn auf das Leuchten von Blättern aufmerksam gemacht hatte, mir solche nach Europa, nach Prag zu schicken. An einzelnen konnte ich bei ihrer Ankunft noch ganz deutlich ein Leuchten beobachten, obwohl die Blätter etwa 5—6 Wochen auf der Reise waren, bevor sie in meine Hände gelangten. Das Licht war ruhig, weisslich und geht nur von vollständig abgestorbenen braunen oder strohgelt gewordenen Blättern aus. Bei mikroskopischer Betrachtung erwiesen sie sich da, wo sie Licht ausstrahlten, durchsetzt von einem mehr oder minder dichten Hyphengeflecht.

¹⁾ Eine Abbildung dieses Pilzes findet sich bei Holtermann (Mykologische Untersuchungen aus den Tropen 1898) auf Tafel X Fig. 4 a—c.

Als ich nach Europa zurückkehrte, fand ich, dass Tulasne¹⁾ schon im Jahre 1848 in Frankreich leuchtende vermodernde Eichenblätter gesehen hatte. Gelegentlich seiner Untersuchungen über das Leuchten der Rhizomorpha fand er zufällig, dass die feuchten Blätter und kleinen Äste der Eiche, welche er zur Einhüllung der gesammelten Rhizomorphen verwendete, um sie vor dem Eintrocknen zu bewahren, leuchteten. Es waren Blätter vom vorigen Jahre, im Frühjahr normal abgefallen, im feuchten Zustande, elastisch und noch ziemlich fest. Sie leuchteten nicht auf ihrer ganzen Oberfläche, sondern die Lichtentwicklung war da am stärksten, wo die braune Farbe des Blattes schon verblasst war und einer mehr weisslichen Platz gemacht hatte.

Da seit Tulasne über das Leuchten von Blättern meines Wissens keine weiteren genaueren Beobachtungen veröffentlicht worden sind, so habe ich in den letzten 5 Jahren die Sache weiter verfolgt, und es war mir, ausgerüstet mit meinen in den Tropen gemachten Erfahrungen, nicht unwahrscheinlich, dass die Erscheinung leuchtenden Laubes in Europa eine verbreitetere Sache sein dürfte, als man bisher anzunehmen geneigt war. Der Erfolg meiner Bemühungen war überraschend.

Anfangs wollte es mir allerdings nicht gelingen, leuchtende Blätter zu finden, weil, wie ich jetzt weiss, die Blätter in einem bestimmten Zustand der Zersetzung sein müssen, wenn sie leuchten sollen. Während eines mehrwöchentlichen Ferienaufenthaltes in Zell am See (Salzburg) war ich längere Zeit auf der Suche nach derartigem Laub, bis es mir endlich im August gelang, an einer Probe von Buchenblättern (*Fagus silvatica*), die ich nach Hause mitgenommen hatte, unzweifelhafte Lichtentwicklung festzustellen. Die Blätter waren vom vorigen Jahre, feucht, von brauner bis weisslich-gelber Färbung, entweder noch gut erhalten oder bereits locker gefügt, netzartig durchlocht oder zerfasert. Sie leuchteten meist stellenweise, seltener längs ihrer ganzen Ausdehnung und zwar in einem ruhigen, matten, weisslichen Lichte ähnlich wie mein Leuchtmycelium x. Um das Licht zu sehen, ist es am besten, die Blätter während der Nacht in einem finsternen Zimmer zu betrachten. Legt man Leuchtblätter in eine feuchtgehaltene Krystallisierschale, so kann man mehrere Nächte hindurch die Lichtentwicklung beobachten, ja ich habe Blätter gehabt, die ein bis zwei Monate fortfuhren, Licht zu produzieren, allerdings mit abnehmender Intensität. Beim Austrocknen verschwindet das Licht, in manchen Fällen konnte ich durch Benetzung mit Wasser die Lichtentwicklung von neuem hervorrufen.

¹⁾ Tulasne, L. R., Sur la phosphorescence spontanée de l'*Agaricus olearius* DC., du *Rhizomorpha subterranea* Pers. et de feuilles mortes du chêne. *Annal. d. scienc. III. sér. Bot. 9. T. 1848. p. 353.*

Einmal damit genauer vertraut, in welchem Zustande und unter welchen Verhältnissen Blätter sein müssen, wenn sie leuchten sollen, erhält man nach und nach einen Blick für leuchtendes Laub; man kann dann fast mit Gewissheit bei jedem Spaziergang durch den Laubwald zumal während der Vegetationsperiode leuchtende Blätter mit nach Hause bringen.

Die eben geschilderte Art der Lichtproduktion ist aber nicht bloss auf die Blätter der Eiche und Rotbuche beschränkt, sondern kommt, wie ich mich vielfach überzeuge, auch bei der Hainbuche (*Carpinus Betulus*) und beim Ahorn (*Acer Pseudoplatanus*) vor. Alle diese Blätter fand ich in den Wäldern der Umgebung von Zell am See im leuchtenden Zustande vor. Bei weiterem Verfolg dieser Erscheinung fand ich sie auch in den Wäldern von Tirol (Kitzbühel), in der Umgebung von Prag, in Oberbayern bei Kochel am See, auf Rügen bei Göhren und Putbus und an anderen Orten.

Will man sich leuchtende Blätter verschaffen, so achte man besonders auf folgende Umstände. Man suche vornehmlich da, wo die vom vorigen und von früheren Jahren herrührenden abgefallenen Blätter in dickerer Schicht, etwa 10—30 cm übereinander liegen. Die obersten Blätter sind zumeist trocken, braun und von fester Konsistenz. Sie leuchten nicht. Darunter liegt dann häufig eine Zone von Blättern, die wie die Blätter eines Buches, nur wirr durcheinander, platt aneinander liegen, bereits in einem weiteren Grade der Zersetzung sich befinden und sich durch eine mehr gelbliche oder weiss-



Fig. 11.

Ein verwesendes Blatt der Buche
(*Fagus silvatica*).

Hauptsächlich die hellen, in Wirklichkeit weisslich-gelben Stellen leuchten.

lich-gelbe Farbe auszeichnen, die entweder schon am ganzen Blatte oder nur auf einzelnen Flecken wahrzunehmen ist. Die Figur 11 stellt die Photographie eines Buchenblattes mit solchen hellgelben Flecken dar.

Hauptsächlich die von dem tieferen Braun des Blattes absteichenden hellen Flecken leuchten, sie geben den Grad der Zersetzung des

Blattes an, der für die Lichtentwicklung am günstigsten ist. Sammelt man ein paar Handvoll solcher Blätter, so kann man sicher sein, an ihnen während der Nacht eine mehr minder deutliche nicht selten prachthvolle Lichtentwicklung beobachten zu können.

Jetzt, da ich die Erscheinung seit fünf Jahren kenne und ihre weite Verbreitung konstatiert habe, kann ich, ohne Gefahr zu laufen, der Übertreibung geziehen zu werden, sagen, dass in einem Eichen- oder Buchenwald ein nicht geringer Bruchteil des abgefallenen Laubes sich im Zustande des Leuchtens befindet, und der Waldboden allenthalben von dem Lichte verwesenden Laubes bestrahlt wird.

Man sollte meinen, dass eine so weit verbreitete Erscheinung den Förstern, Landleuten und zahlreichen Botanikern, mit denen ich sprach, bekannt sei, allein ich habe mich überzeugt, dass dies nicht der Fall ist, wahrscheinlich weil die meisten Menschen bei aller Vorliebe für den Wald denselben im Dunkeln meiden.

Immer waren die leuchtenden Blätter von vielen bräunlichen oder farblosen Pilzhypen durchsetzt, häufig waren schon mit einer schwachen Lupe schwarzbraune kugelige Pünktchen zu sehen, die die Fruchtkörper eines mir unbekannten Pilzes darstellten. Trotzdem ich viele Mühe darauf verwendete, den das Leuchten der Blätter verursachenden Pilz auf den verschiedensten Substraten nach der bakteriologischen Methodik zu isolieren, blieben doch alle Versuche in dieser Richtung bisher vergebens, so dass ich über den oder die Urheber der Lichtentwicklung vorläufig leider nichts auszusagen vermag.

β) Bakterien.

Obwohl die Existenz leuchtender toter Organismen namentlich den an der See wohnenden Menschen sicherlich schon im Altertum bekannt gewesen sein dürfte, so blieb es doch erst dem 19. Jahrhunderte vorbehalten, die Lichtentwicklung an solchen Tieren auf lebende Wesen, nämlich auf Leuchtbakterien zurückzuführen und in diesem Leuchten einen biochemischen Prozess zu erkennen. Es handelt sich hiebei hauptsächlich um das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere, toter mariner Fische und anderer Seetiere.

A. Über das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere.

Meine ausführlichen Untersuchungen über diesen Gegenstand habe ich vor nicht langer Zeit veröffentlicht¹⁾. Im folgenden sei das Wesentliche darüber mitgeteilt.

1. Historisches.

Den ersten verlässlichen Bericht über ein leuchtendes Fleisch verdanken wir meines Wissens dem berühmten Anatomen zu Padua Hieron. Fabricius ab Aquapendente. Zu Ostern 1592 leuchteten nachts Stücke eines aus der Fleischbank zu Padua gekauften Lammes. In seinem Werke *de oculo visus organo*, cap. IV. berichtet der genannte Autor darüber mit den Worten: „Das Licht muss sich ohngefähr anderthalb Tage nach dem Schlachten eingestellt, und wenigstens vier Tage angehalten haben; ein damit in Berührung stehendes Stück Bockfleisch leuchtete gleichfalls: das Licht zeigte sich auf dem muskulösen Fleisch und auf dem Fette; der Glanz war silberweiss, man konnte damit die Finger und jeden anderen Körper leuchtend machen, indem sich eine klebrichte Feuchtigkeit ausschied“²⁾.

Über einen ähnlichen Fall, der sich im April 1641 zu Montpellier ereignet hatte, berichtet Bartholin³⁾. Vom Markte nach Hause gebrachtes Hammelfleisch fing während der Nacht an zu leuchten. Der Vorfall machte Aufsehen. Wissbegierige erhielten leuchtende Stücke davon; hieraus ergab sich bei weiterem Nachforschen, dass die Fleischer von Montpellier zu eben der Zeit dieses Leuchten an mehreren Fleischarten, namentlich auch an Ochsenfleisch, nur nicht so schön wie bei Schafen, bemerkt hatten, und dass sich dieser Fall in ihren Fleischbänken schon öfter in früheren Jahren ereignet habe. Das Licht trat besonders am Schafkopf, an dem Nierenfette und an den Membranen auf: es war weisslich, nicht flächenweise, sondern gleich Sternen verteilt, hielt bis zur Fäulnis an, und konnte vom Fleisch getrennt werden. Von Vesling in Padua wird erzählt, dass er frische Scheiben von Tiergehirnen (*Mactatorum pecudum*) leuchten gesehen habe³⁾.

Boyle R.⁴⁾ und Beal beobachteten bei Kalb-, Schweine- und Huhnfleisch ein phosphorisches Licht. Es war so intensiv, dass man

¹⁾ Molisch, H., Über das Leuchten des Fleisches insbesondere toter Schlachttiere. *Botan. Zeitg.* 1903.

²⁾ Heinrich, Placidus, l. c. 3. Abh. 1815. p. 382.

³⁾ Zitiert nach Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. *Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin.* April 1834. p. 418.

⁴⁾ Phil. Transactions. 1672. Nr. 89 u. 1676. Nr. 125.

grösseren Druck dabei lesen und prismatische Farben unterscheiden konnte. Wurde das Fleisch unter Wasser getaucht, so erlosch das Licht nach zwei Stunden, unter Weingeist nach 15 Minuten. Beim Verdünnen der Luft unter der Luftpumpe nahm das Licht ab, beim Zuströmen der Luft aber wieder zu. Da Boyle später vergebens nach solchem Fleisch suchte, so nimmt er an, dass das Leuchten des Fleisches nur unter ganz besonderen Umständen auftrete.

Auch Beal berichtet über mehrere Fälle von starkem Leuchten noch frischen Fleisches in London und fügt hinzu, dass das Fleisch auf dem Markte am Strande schon nach vier Stunden leuchte, und dass auch eingemachte gekochte Schweinsfüsse leuchten¹⁾.

Es wurde bereits früher (p. 30) bemerkt, dass F. Heller das Leuchten des Holzes als einen biologischen Prozess, hervorgerufen durch einen Pilz, erkannte. Dasselbe hatte er auch für das Leuchten toter mariner Fische und von Würsten dargetan (p. 63 u. p. 68). Obwohl er sich speziell mit dem Leuchten von Schlachtviehfleisch nicht abgegeben hatte, so gelangte er doch, namentlich auf Grund seiner Versuche mit Seefischen, zu dem richtigen Schlusse²⁾: „Die Unterscheidung eines Leuchtens verwesender oder faulender Tiere und Tierstoffe vom Leuchten lebender Tiere fällt gänzlich weg, denn: die verwesenden und faulenden Tiere leuchten nicht, sondern es leuchtet ein nach dem Tode sich an den Tierstoffen bildender Pilz, somit wieder eine Pflanze, für welche ich den Namen *Sarcina noctiluca* vorgeschlagen habe. Nur die *Sarcina noctiluca* leuchtet an toten Tieren und tierischen Teilen und kein einziges der während der Verwesung und Fäulnis sich entwickelnden chemischen Produkte. Es ist somit auch das Leuchten toter Tiere und Tierstoffe vom chemischen Prozesse der Verwesung und Fäulnis gänzlich unabhängig und jede Annahme einer spontan leuchtenden Phosphorverbindung falsch.“

Die Arbeit Hellers bedeutet für unsere Frage einen sehr wichtigen Fortschritt, sie hätte mit einem Schlage der Forschung neue Wege gewiesen, wenn sie nicht in einem wenig bekannten und dabei eingehenden Archiv erschienen und damit ganz der Vergessenheit anheimgefallen wäre. Ohne Kenntnis von Hellers vortrefflicher Arbeit kam bekanntlich der Physiologe Pflüger³⁾ auf Grund eingehender Literaturstudien, Erwägungen und Versuchen zu demselben Resultate, und allgemein wird

1) Phil. Transactions. 1846.

2) Heller, Florian J., l. c. p. 246.

3) Pflüger, P., Beiträge zur Lehre von der Respiration. Archiv f. d. ges. Physiol. etc. X. Bd. 1875. p. 251—367. XI. Bd. 1875. p. 222—263.

Pflüger das Verdienst zugeschrieben, das Leuchten von Fleisch und Fischen auf Pilze zurückgeführt zu haben. Ohne die grossen Verdienste des berühmten Bonner Physiologen um die angedeutete Frage im mindesten schmälern zu wollen, muss die Priorität darin doch Heller zugeschrieben werden.

1862 erwähnt Hanckel¹⁾ einen Fall von leuchtendem Fleisch. Gehacktes Rind- und Schweinefleisch wurde bei einem der grössten Fleischer Leipzigs gekauft und sollte, nachdem es mit Salz und Kümmel vermenget worden, zur Mahlzeit bereitet werden. Nächsten Morgen fand die Magd einen Teil des Fleisches leuchtend und in diesem Zustande wurde es Hanckel überbracht. Er untersuchte das Schweinefleisch, welches allein leuchtete, bei 400 maliger Vergrösserung mikroskopisch, konnte aber darauf weder Infusorien noch Kryptogamen nachweisen, sondern nur feststellen, dass das Licht von „kleinen, schmierig aussehenden Massen“ ausging. Während das Fleisch noch auf Schnee leuchtete, erlosch das Licht bei 30° R. Kohlensäure bringt das Licht zum Verschwinden, Zutritt von atmosphärischer Luft hingegen bringt es wieder zum Vorschein.

Nuesch²⁾ beobachtete leuchtende Schweinskoteletten und überzeugte sich, dass bei dem Fleischer, welcher sie geliefert hatte, in der Vorratskammer alles hineingebrachte Fleisch Licht entwickelte. Als Erreger des Lichtes betrachtet er eine zoogloeaartige Masse, welche aus kleinen kugeligen und hefeartigen vergrösserten Zellen besteht, die er *Bacterium lucens* nennt.

Lassar³⁾ sah im November 1879 leuchtendes Schweinefleisch. Am Montag wurde geschlachtet, und am Donnerstag konnte man beim Eintritt in die halbdunkle Speisekammer das überraschende Schauspiel leuchtenden Fleisches wahrnehmen. Er deutet Zoogloea-Haufen, „welche Körner von der gewöhnlichen, diejenige der Fäulnis-Sphäro-Bakterien weit übertreffenden Grösse in sich einschlossen“, als Ursache des Lichtes. Reinkulturen davon hat Lassar leider nicht gewonnen, und aus der gegebenen Beschreibung ist wohl nicht zu entnehmen, welcher Art die erwähnten Kokken angehören dürften.

Lassar hebt hervor, dass das Salzwasser, in welchem leuchtendes Fleisch lag, nicht zum Leuchten gebracht werden konnte, dass in der

1) Hanckel, W., Notiz über phosphorisches Leuchten des Fleisches. *Poggendorffs Annalen d. Physik u. Chemie*. Bd. CXV. 1862. p. 62.

2) Nuesch, J., Über das leuchtende Fleisch gestorbener Tiere. *Kosmos* IV. u. „Gaea“ XIII. Bd. 1877.

3) Lassar, O., Die Mikrokokken der Phosphoreszenz. *Pflügers Archiv f. d. ges. Psychologie etc.* Bd. XXI. 1880. p. 104—108.

betreffenden Speisekammer seit längerer Zeit keinerlei See- und Fluss-tiere aufbewahrt wurden und dass das leuchtende Fleisch ohne jede schädliche Folge verzehrt werden konnte.

Grosses Interesse für das Leuchten des Fleisches und toter Fische bekundete F. Ludwig¹⁾. „Ich habe nun seit einer Reihe von Jahren sowohl die Phosphoreszenz der Fische als auch des Fleisches der Schlacht-tiere nach verschiedenen Seiten hin untersucht und dabei gefunden, dass in beiden Fällen ein und derselbe Spaltpilz der Urheber der Licht-erscheinung ist, den ich nunmehr als *Micrococcus Pflügeri* glaube be-zeichnen zu sollen.“

Heute wissen wir allerdings, dass das Leuchten der Fische von verschiedenen photogenen Bakterien hervorgerufen werden kann und dass die Ansicht, an dem Leuchten des Fleisches und der Fische sei ein und derselbe Spaltpilz schuld, nur mehr historisches Interesse be-sitzt. Auf Einzelheiten der Ludwigschen Arbeit komme ich später noch zurück.

Blanc²⁾ sah im Januar 1885 in einer Pferdeschlächtereie leuch-tendes Fleisch, und zur selben Zeit gewährte Moulé³⁾ leuchtendes Hammel-fleisch zu Paris.

Auch Dubois⁴⁾ beobachtete im Februar 1891 auf einem abge-zogenen Hauskaninchen, das auf dem Markte gekauft worden war, Licht-entwicklung. Der Lichterreger ist ausserordentlich klein, unbeweglich, von der Gattung Photobakterium, verflüssigt nicht Gelatine, liebt Koch-salz (3 %), eine relativ niedere Temperatur (12 °) und leuchtet mit grünem Lichte. Er nennt ihn *Photobacterium sarcophilum*.

2. Eigene Untersuchungen.

Alles in allem genommen wurde das spontane Leuchten des Schlacht-viehfleisches, wie aus der historischen Übersicht hervorgeht, verhältnis-mässig selten beobachtet; gewöhnlich wird es als eine Aufsehen erregende Rarität, als eine Merkwürdigkeit hingestellt, die nur unter gewissen un-bekannten Umständen auftreten soll. In Anbetracht der Seltenheit und der relativ kurzen Dauer unserer Erscheinung war man begreiflicher-

¹⁾ Ludwig, F., *Micrococcus Pflügeri* Ludw., ein neuer photogener Pilz. *Hedwigia* 1884. p. 33—37. Derselbe, *Lehrbuch der Kryptogamenkunde*. 1892. p. 69.

²⁾ Blanc, *Journal de médecine vétérinaire*. 3. sér. T. XII. 1887. p. 468.

³⁾ Moulé, *Recueil de médecine vétérinaire*. 7. sér. T. III. No. 4.

⁴⁾ Dubois, R., *Les microbes lumineux*. Extrait de *l'Echo des Sociétés et Association vétérinaires*. Lyon 1889. p. 10. Derselbe, *Nouvelles recherches sur la phosphorescence de la viande*. Lyon 1891. Derselbe, *Sur la production de phos-phorescence de la viande par le Photobacterium sarcophilum*.

weise nicht gut in der Lage, die Sache genau verfolgen zu können, und so kommt es, dass wir über das Leuchten des Fleisches noch recht mangelhaft unterrichtet sind, dass die Beschreibungen über den Lichterregger recht lückenhaft und einander vielfach widersprechend klingen, dass eine genaue, modernen Ansprüchen der Bakteriologie entsprechende Beschreibung der Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches sich als dringend notwendig herausgestellt hat, und auch die Frage, ob das spontane Leuchten des Fleisches und der Seefische durch dieselben Bakterien bedingt wird, einer erneuten Untersuchung unterworfen werden muss.

Meine Bemühungen, den aufgeworfenen Fragen näher zu treten, stiessen anfangs auf Widerstand, wegen der Schwierigkeiten sich das nötige Material zu verschaffen. Ich setzte mich zunächst mit verschiedenen Veterinär-, hygienischen und Nahrungsmittelinstituten in Verbindung mit der Bitte, mir Fälle von leuchtendem Fleisch rasch bekannt zu machen und zur Untersuchung zu übersenden. Derlei Institute waren beim besten Willen nicht imstande, meinen Wünschen zu entsprechen. Naheliegend war es auch, sich in der Sache an verschiedene Metzger zu wenden, allein ich merkte bald, dass ich mit meinen Absichten schlecht ankam, weil man gleich in meinen Untersuchungen eine das Gewerbe schädigende Kontrolle vermutete. Migula¹⁾ erzählt eine kleine Episode, die das Gesagte nur noch bestätigen kann: „So ist mir noch in diesem Jahre (1896) passiert, dass, als ich zufällig an einem frisch vom Metzger geholten Stück Kalbfleisch Leuchten bemerkte, und in meiner Freude über diesen Fund mich persönlich in den Laden begab, um einige Nachforschungen zu halten, mich der Mann himmelhoch beschwor, über den Vorfall zu schweigen, weil sonst sein ganzes Geschäft ruiniert sei.“

Als ich schon nahe daran war, meinen Plan aufzugeben, kam mir der Gedanke, das Fleisch, welches der Fleischer täglich für meine Küche lieferte, zu untersuchen, und ich war nicht wenig überrascht, als gleich die erste und dritte Rindfleischprobe nach zweitägigem Liegen in einem kühlen Zimmer leuchtete. Die Versuche wurden am 28. Oktober 1901 systematisch begonnen. Fast täglich wurde von dem überbrachten Rindfleisch und anderen Fleischarten ein flaches, kinderhandgrosses Stück abgeschnitten und ins Institut genommen. Dasselbst legte ich das Fleisch in eine sterilisierte Doppel-Petrischale und stellte sie in einem ungeheizten Zimmer bei einer etwa zwischen 9–12° C. schwankenden Temperatur im schwachen diffusen Lichte, überdies noch mit einer grossen Glasglocke bedeckt, auf. Bei einer grossen Anzahl von Versuchen schnitt ich mit einem sterilisierten Messer das Fleischstück in zwei Hälften,

¹⁾ Migula, W., System der Bakterien. I. Bd. Jena 1897. p. 335.

von denen die eine mit ein wenig (einer Prise) Kochsalz bestreut wurde, um den Einfluss des Natriumchlorids auf das Zustandekommen des Leuchtens kennen zu lernen.

Da ich das Leuchten zu meiner Überraschung viel häufiger auftreten sah, als ich erwartet hatte, erwachte in mir der Verdacht, dass vielleicht nur das Fleisch meines Metzgerladens diese Eigentümlichkeit habe. Ich liess daher das Fleisch auch von verschiedenen anderen Orten Prags holen, allein die Resultate waren auch in diesen Fällen wesentlich dieselben. Indem ich bezüglich der detaillierten, in Tabellen zusammengestellten Versuche auf meine Arbeit¹⁾ verweise, seien hier nur kurz die Resultate wiedergegeben. Es wurden im ganzen in der angegebenen Weise während der Monate Oktober bis inklusive Dezember 76 Proben von geschlachtetem Rind auf spontanes Leuchten geprüft und zwar 48 Rindfleisch-, 10 Kalbfleisch- und 18 Leberproben. Dabei ergab sich, dass von den gesamten Objekten 48% leuchteten, nämlich von

Rindfleisch	52%
Kalbfleisch	50%
Rindsleber	39%.

Wenn auch das Kochsalz für das Auftreten der Erscheinung nicht gerade notwendig ist, so erwies sich das Bestreuen mit Kochsalz für das Aufkommen der Leuchtbakterien jedenfalls als in hohem Grade förderlich, denn unter 20 Proben ungesalzenen Rindfleisches leuchteten nur 6, während dies bei 20 Proben gesalzenen Rindfleisches 15 mal der Fall war.

Dieselben Versuche wurden auch mit Pferdefleischproben, die täglich aus Pferdefleischläden geholt wurden, gemacht und die erhaltenen Resultate waren ganz ähnlich.

Obwohl die nach der angegebenen Methode, die ich, weil das Fleisch hiebei an der Luft lag, kurz als „Luftmethode“ bezeichnen will, erzielten Ergebnisse überraschend waren und ganz gegen alle Erwartung befriedigend ausfielen, kam ich im Verlauf weiterer Untersuchungen auf ein anderes Verfahren, das einen noch bei weitem höheren Prozentsatz von leuchtendem Fleisch lieferte. Anstatt nämlich, wie dies in den bisherigen Versuchen geschah, das Fleisch gesalzen oder ungesalzen in Luft hinzulegen, gab ich die Fleischstücke direkt in eine 3%ige Kochsalzlösung (im destill. Wasser), ohne sie mit Soda erst etwas alkalisch zu machen, da sich dies als ziemlich gleichgültig erwies.

Das zu prüfende, kinderfaustgrosse, vom Fleischhauer eben überbrachte Fleischstück wurde in eine kleine, etwa 6 cm breite, sterilisierte

²⁾ Molisch, H., Über das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 7 ff.

Krystallisierschale (oder in Vogelnäpfchen) gebracht und mit der Kochsalzlösung so weit übergossen, dass es zum Teile noch über die Flüssigkeit herausragte. Das Letztere ist von Bedeutung, weil die untergetauchten Fleischteile häufig nicht leuchten, während die über dem Flüssigkeitsspiegel befindlichen Partien in sternartigem Lichte erglänzen. Oder es wurde so vorgegangen, dass ich zunächst in einer mit der Salzlösung beschickten Krystallisierschale das Fleischstück $\frac{1}{4}$ Stunde liegen liess, wobei sich das Wasser infolge des austretenden Fleischsaftes gewöhnlich etwas bräunlich oder blutig färbte. Darauf kam das Fleischstück in eine mit Kochsalz versehene Schale, wo es nun verblieb. Die beiden Schalen, sowohl die mit dem Fleischwasser als auch die mit dem Fleische wurden dann im ungeheizten Zimmer, dessen Temperatur 9—11° C. betrug, unter einem Glassturz in schwach diffussem Lichte aufgestellt und Nachts mit wohl ausgeruhtem Auge auf Leuchten untersucht.

Nicht unerwähnt bleibe der Umstand, dass bei den Versuchen nur mit sterilisierten Schalen, Messern und Pinzetten gearbeitet wurde, um eine Ansteckung von Fleischstück zu Fleischstück zu vermeiden.

Die nach der zweiten Methode erhaltenen Resultate stellten sich noch bei weitem günstiger als die nach der „Luftmethode“ erzielten. Denn von den gesamten, nach der „Salzwassermethode“ geprüften Fleischstücken (Rind- und Pferdefleisch) leuchteten nicht weniger als ungefähr 87% und zwar

von den Rindfleischproben 89%
von den Pferdefleischproben 65,5%.

Von den Fleischwasserproben leuchteten im ganzen 68,4% und zwar

Rindfleischwasserproben 87,5%
Pferdefleischwasserproben 54,5%.

Bisher hat man das spontane Leuchten von Fleisch als eine grosse Seltenheit hingestellt, die sich nur unter ganz besonderen Umständen einstellt, allein meine Untersuchungen zeigen, dass das spontane Leuchten des Schlachtviehfleisches, wenn nur das Fleisch bis zur eben beginnenden Fäulnis bei relativ niedriger Temperatur aufbewahrt wird, sehr häufig auftritt, ja unter besonderen Bedingungen, wie z. B. beim Einlegen in eine 3%ige Kochsalzlösung etwas ganz gewöhnliches ist, ja unter 100 Fällen 89 mal vorkommen kann.

Das zum Küchengebrauche abgelieferte ungesalzene Rindfleisch, welches zuvor bis 14 Tage im Eiskeller liegen bleibt, beginnt in Luft liegend, nach 1—5 Tagen, durchschnittlich nach 2,7 Tagen zu leuchten.

Die Dauer des Leuchtens erstreckt sich hierbei auf 1—5, durchschnittlich auf 1,8 Tage.

Gesalzenes Rindfleisch verhält sich (in Luft) bezüglich des Eintrittes der Lichtentwicklung wie ungesalzenes, doch dauert dessen Leuchten gewöhnlich länger, nämlich durchschnittlich 2,8 Tage. Das der Salzwassermethode unterworfenene Rindfleisch beginnt nach 1—4 Tagen, durchschnittlich nach 2,2 Tagen zu leuchten und leuchtet 1—6 Tage, durchschnittlich 3,7 Tage.

Dass die Lichtentwicklung bei gesalzenem Fleisch und bei in Salzwasser liegendem Fleisch häufiger eintritt und länger dauert, dürfte auf folgende Umstände zurückzuführen sein:

1. ist die lichterregende Bakterie halophil und bevorzugt für ihre normale und üppige Entwicklung Kochsalz. Zwar kommt im Fleische Kochsalz vor und deshalb kann das Leuchten ohne Hinzufügen von Chlornatrium gleichfalls auftreten, allein die Bakterie leuchtet und wächst besser, wenn sie mehr Kochsalz vorfindet als das Fleisch von Natur aus enthält.

2. werden vielleicht andere auf dem Fleische vorkommende Bakterien durch Kochsalz anfangs in ihrer Entwicklung gehemmt, weshalb die Leuchtbakterie im Kampfe ums Dasein einige Zeit die Oberhand behält.

Beim Beginn des Leuchtens weist das Fleisch zumeist noch keinen oder nur einen ganz schwachen übeln Geruch auf. Das Auftreten des Lichtes stellt nur die erste Stufe der Fäulnis dar. Greift die stinkende Fäulnis weiter um sich, so erlischt allmählich das Leuchten, da die photogenen Bakterien nunmehr von anderen nicht leuchtenden Spaltpilzen und Schimmelpilzen überwuchert werden. Doch habe ich manchmal noch Fleisch leuchten sehen, das schon in starker Fäulnis begriffen und auch von Mucor bedeckt war.

Das weisslich erscheinende Licht verteilt sich selten ganz gleichmässig auf die ganze oder einen grösseren Teil der Fleischoberfläche, sondern tritt gewöhnlich inselartig auf, so dass das Fleisch wie mit glänzenden Sternen übersät erscheint. Die aus dem Salzwasser hervorschauenden Fleischteile leuchten wegen des leichteren Sauerstoffzutrittes viel besser als die untergetauchten, ja in sehr vielen Fällen leuchten diese überhaupt nicht. Das Salzwasser, in welchem leuchtendes Fleisch liegt, leuchtet zumeist nicht, hingegen wird Salzfleischwasser für sich allein häufig leuchtend. Es erscheint dann milchweiss und leuchtet beim Umschütteln viel intensiver.

Bei Beginn des Leuchtens bemerkt das unbewaffnete Auge oft gar nichts Auffallendes auf dem Fleische, obwohl sich mit dem Mikroskop

schon verschiedene Bakterien nachweisen lassen, später tritt ein weisslich leuchtender Beleg auf, der sich leicht abwischen lässt und, vom Fleische getrennt, einige Zeit weiter leuchtet.

Nachdem es nun gelungen war, sich fast mit der Sicherheit eines physikalischen Experimentes leuchtendes Fleisch zu verschaffen, ging ich daran, den Lichterreger zu isolieren und die Biologie dieses so wichtigen und, wie sich herausgestellt hat, in unserer Nähe so häufigen

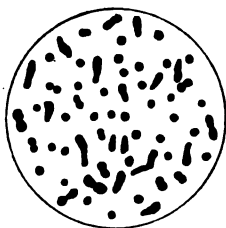


Fig. 12.

Bacterium phosphoreum
(Cohn) Molisch.

Die Leuchtbakterie toter
Schlachttiere. Präparat von
ClNa-Gelatine Vergr. 950.

Organismus genauer zu verfolgen. Zu wiederholten Malen, in verschiedenen Monaten und in verschiedenen Jahren wurden nach den in der Bakteriologie üblichen Methoden zumeist nach den Plattenverfahren auf Salzpeptongelatine und Salzpeptonagar vom Fleische als Lichterreger immer ein und dieselbe Bakterie herausgezüchtet. Tadellos hergestellte Reinkulturen führten sowohl bei Rind- als auch bei Pferdefleisch und, wie ich hinzufügen kann, auch bei Schwein-, Kalb- und Gänsefleisch immer auf denselben Spaltpilz als Urheber des Lichtes. Es ist dies

jene Bakterie, welche F. Cohn seinerzeit als *Micrococcus phosphoreus* bezeichnet hat, den ich aber von nun an *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch nennen werde¹⁾. Dieser Organismus (s. Fig. 12) war bisher recht mangelhaft beschrieben, ich habe ihn daher seinerzeit genauer geschildert und auf seine biologischen Eigenschaften studiert. Indem ich den Leser

¹⁾ Molisch, H., Über das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 14—17. Die Zellen unseres Spaltpilzes machen, zumal von Agar- und Kartoffelkulturen, zunächst den Eindruck von Kokken, allein jetzt, da ich die Bakterie schon durch zwei Jahre fortwährend vor Augen habe, muss ich hervorheben, dass neben den völlig kugelförmigen Gestalten auch sehr viele ovale, plumpe, beiderseits abgerundete Formen und endlich mehr minder lange Stäbchen vorkommen (s. Fig. 12). Namentlich in älteren Kulturen tritt die Stäbchenform oft in den Vordergrund, und da sich hiezu auch Involutionsformen von verschiedener Gestalt gesellen, erhält man ein für den Bakterien-systematiker recht verwirrendes Bild. Da nun als Regel gilt, dass eine Bakterie nur dann zu den Kugelbakterien gezählt werden soll, wenn sie stets Kugelgestalt oder direkt nach der Teilung Halbkugelform aufweist, so darf unsere Bakterie nicht zu den Coccaceen, sondern muss zu den Bacteriaceen gestellt werden. Ich behielt anfangs den Namen *Micrococcus phosphoreus* Cohn bei, allein ich sehe jetzt nach genauerem Studium ein, dass dieser von Cohn seinerzeit nur ganz flüchtig beschriebene Organismus kein echter Coccus ist, er muss daher, da ich ihn auch sonst mit keinem anderen identifizieren kann, einen neuen Namen erhalten. Wegen seiner Formen und seiner Unbeweglichkeit stelle ich ihn zur Gattung *Bacterium* und werde ihn von nun an stets *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch nennen.

auf die von mir gegebene ausführliche Schilderung verweise, will ich daraus hier nur einiges hervorheben.

Das aus relativ grossen kugeligen oder stäbchenförmigen Zellen bestehende Bakterium entbehrt der Eigenbewegung, ist aerob, leuchtet nur bei Gegenwart von Sauerstoff und liebt im allgemeinen niedrigere Temperaturen. Das Wachstums-Minimum liegt noch etwas unter 0, das Optimum bei 16—18° C., das Maximum bei etwa 28° C. Von grossem Interesse ist, dass die Einwirkung einer Temperatur von 30° C. den Pilz bereits tötet, ein Beweis, wie tief die obere Temperaturgrenze des Lebens bei manchen Lebewesen gesteckt ist. Eine angenehme Eigenschaft dieses Spaltpilzes liegt darin, dass er im Gegensatz zu vielen anderen photogenen Bakterien Gelatine nicht verflüssigt und hierdurch für gewisse Experimente besonders tauglich wird. Hierzu kommt, dass er wunderbar leuchtet. Nach den bisherigen Erfahrungen leuchtet keine bisher bekannte Bakterie in Reinkulturen so intensiv und andauernd wie das *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch¹⁾. Besonders auf Gelatine, Agar, Salz-Kartoffelscheiben, Bouillon und Milch, weniger gut in Kartoffelwasser und Harn.

Da später noch oft von diesem Spaltpilze die Rede sein wird, da er in meinen Versuchen über das Bakterienlicht so vielfache Verwendung fand, und ich von den verschiedensten Seiten um diese Leuchtbakterie angegangen wurde, so sei hier noch das Rezept für die gewöhnlich von mir verwendete Salzpeptongelatine angeführt:

Auf $\frac{1}{8}$ kg Pferdefleisch oder Rindfleisch werden 1000 ccm destilliertes Wasser geschichtet und einen Tag bei Kellertemperatur (etwa 10°) stehen gelassen.

Der abgepresste Fleischsaft wird mit 3% ClNa versehen, aufgekocht, und das ausgefällte Fleischeiweiss abfiltriert. Zu dem Filtrate setzt man nun 10 g Pepton und 100 g Gelatine und neutralisiert die saure Lösung mit Normalnatronlauge. Ist endlich mit kleinem Laugenüberschuss schwach alkalische Reaktion erzielt (stark alkalische ist wegen der Löslichkeit des zur Klärung verwendeten Eiweiss abzuraten), so wird mit Eiweiss geklärt. Von Vorteil ist ein Zusatz von 0,5% Glycerin.

Das neuerliche Filtrat ist die verwendete ClNa-Pepton-Gelatine.

Bei Agarkulturen wird die Gelatine durch 10 g Agar (pro Liter) vertreten. Da, wo man sich frische Seefische leicht verschaffen kann

¹⁾ In jüngster Zeit entdeckte ich eine neue Bakterie *Bacillus lucifer* n. sp., die in jungen Kulturen noch viel intensiver leuchtet als das *Bacterium phosphoreum*. In älteren Kulturen erhält das letztere allerdings bezüglich der Leuchtkraft wieder das Übergewicht. Vergl. darüber meine demnächst erscheinende Abhandlung: Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Sitzber. d. kais. Wiener Akad. Mathem. Naturw. Klasse. 1904.

— in Prag ist dies nicht der Fall — kann man anstatt Fleisch Fische zur Herstellung der Nährböden verwenden, wie dies für marine Bakterien von Beijerinck empfohlen wurde.

Durch die vorhergehenden Untersuchungen wurde gezeigt, dass der *Bacterium phosphoreum* ein viel häufigerer Pilz ist als man bisher angenommen hat. Während man bisher bezüglich seines Auffindens ganz auf den Zufall angewiesen war, da das Leuchten von Fleisch nur sehr selten und dann nur kurze Zeit beobachtet werden konnte; während man bisher das Auftreten von leuchtendem Fleisch als etwas ganz Besonderes, als eine Aufsehen erregende Erscheinung hingestellt hat, über deren Bedingungen man nicht genügend orientiert war, vermögen wir uns nunmehr auf Grund der gewonnenen Erfahrungen leuchtendes Fleisch jederzeit mit Leichtigkeit zu verschaffen. Es genügt zu diesem Zwecke, das vom Metzger für den gewöhnlichen Hausgebrauch gelieferte Fleisch (Rind-, Kalb- oder Schweinefleisch) in eine 3%ige Kochsalzlösung zu tauchen und dann bei gewöhnlicher, nicht zu hoher Zimmertemperatur, im Winter am besten bei 9–12° C., in einer Glasschale so unterzubringen, dass seine untere Hälfte in einer 3%igen Kochsalzlösung liegt, die obere Hälfte aber in feuchte Luft ragt. Man erzeugt sie durch Bedeckung mit einer Glasglocke. Unter diesen Verhältnissen wurden etwa 89% der geprüften Rindfleischproben und etwa 65% der untersuchten Pferdefleischproben leuchtend.

Das *Bacterium phosphoreum* muss zu den verbreitetsten Bakteriengruppen gehören. Es findet sich auf dem Fleisch der Eiskeller, der Schlachthäuser, der Markthallen, es findet sich auch in Küchen, wo Fleisch von Schlachttieren und Geflügel regelmässig Eingang findet, und so wird es verständlich, warum die grosse Mehrzahl ganz kleiner Fleischstückproben den Spaltpilz auf ihrer Oberfläche hat und zu leuchten vermag.

Da das *Bacterium phosphoreum* schon bei 30° C. abstirbt, so bleibt es vorläufig fraglich, ob das Gesagte auch für tropische Gegenden gilt.

Pathogene Eigenschaften für den Menschen habe ich an unserem Spaltpilze nicht bemerkt. Mehrere ccm leuchtender Bouillon konnten von mir ohne Schaden verzehrt werden, und dies darf nicht auffallen, wenn man bedenkt, dass die Bakterie schon bei 30° C. abstirbt, während unsere Körpertemperatur bekanntlich 37 beträgt. Es ist mir auch kein

Fall bekannt geworden, dass der Genuss von Fleisch, das vor der Zubereitung leuchtete, irgend welchen Schaden angerichtet hätte.

Die von verschiedener Seite geäußerte Ansicht, dass die Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches für gewöhnlich gar nicht auf diesem vorkomme, sondern hier nur zufällig auftrete, wenn das Fleisch mit Seefischen in Berührung gekommen sei, halte ich für unberechtigt. Sie hatte nur solange eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, so lange man das Leuchten des Fleisches selten beobachtet hat. Jetzt aber, da man weiss, dass das Bakterium sozusagen überall gefunden wird, wo sich Schlachtviehfleisch vorfindet, und zwar nachweislich an Orten, wo niemals Seefische oder andere marine Tiere Eingang gefunden haben, wird der vorhin erwähnten Ansicht dadurch der Boden völlig entzogen.

Damit soll keineswegs die Möglichkeit bestritten werden, dass das *Bacterium phosphoreum* ursprünglich aus dem Meere stammt, gegenwärtig muss es jedoch als eine auf dem Festland eingebürgerte Pflanze bezeichnet werden. Ich habe in den letzten Jahren zu wiederholten Malen von verschiedenen Seetieren aus dem Hafen von Triest Leuchtbakterien rein gezüchtet, ohne aber auch nur ein einzigesmal dem *Bacterium phosphoreum* begegnet zu sein. Immer handelte es sich um Leuchtbakterien von ganz anderen morphologischen und biologischen Eigenschaften, worüber man auf p. 72 das Nähere findet.

Selbstverständlich liegt es mir vollständig ferne, hiemit bezweifeln zu wollen, dass die Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches namentlich im Haushalte durch Berührung oder Übertragung auch auf Seefische und umgekehrt die verschiedenen Leuchtbakterien der Seefische wieder auf demselben Wege auf Fleisch gelangen und hier Leuchten hervorrufen können.

B. Über das Leuchten von Würsten.

Über diesen Gegenstand finden sich in der Litteratur nur wenige brauchbare Nachrichten. Das Beste darüber verdanken wir Heller¹⁾. Er erhielt im Winter 1852 in Wien von dem Sanitätsmagister Dr. Stuhlberger mehrere Würste, welche die Polizeibehörde deshalb in einem Verkaufsgewölbe konfiszieren liess, weil die Würste durch ein sehr starkes Leuchten auf ihrer ganzen Oberfläche verdächtig erschienen. Heller gibt davon folgende Beschreibung: „Die Würste waren rohe, sogenannte „Augsburger“, 4 Zoll lang und 1½ Zoll dick. Sie verbreiteten nicht im geringsten einen unangenehmen oder gar fauligen Geruch und hatten einen

¹⁾ Heller, F., l. c. p. 241, Anhang über leuchtende Würste.

guten frischen Geschmack. Die Füllung bestand meist aus rohem Rindfleisch und wenig rohem Schweinefleisch.

Die Würste waren weich, an der Oberfläche nass und schleimig und trockneten nicht an der Luft. Sie hatten übrigens am Tageslicht keine besondere Eigenschaft. Schon im Halbdunkel leuchteten sie, aber in einem finsternen Raume war auf ihrer ganzen Oberfläche ein sehr starkes, weisslich-grünliches, ruhiges, nicht dampfendes Licht verbreitet, dass man schon bei einer Wurst gewöhnliche Druckschrift recht gut lesen konnte. Der schmierig anzufühlende Belag konnte leicht mit einem stumpfen Messer abgeschabt werden und somit auch die leuchtende Masse, worauf die Wurstoberfläche völlig nicht leuchtend zurückblieb.“

Der genannte Autor untersuchte den auf den Würsten befindlichen Belag mikroskopisch und fand, dass darin neben spärlich vertretenen anderen Organismen sich weisse Flecken vorfanden, die sich ganz und gar aus einem Pilz zusammensetzten vom Aussehen einer Sarcina. Dieser Pilz war es allein, der das Leuchten hervorrief. Es war also auch hier die Lichtentwicklung von Heller lange vor Pflüger als ein biochemischer Prozess erkannt worden.

Aus Hellers Experimenten mit leuchtenden Würsten will ich noch folgendes anführen:

„1. Die abgeschabten nicht leuchtenden Stellen wurden am zweiten Tage wieder leuchtend und es erzeugte sich wieder Pilz, doch nicht mehr nach dem zweiten Abschaben.

2. Das Leuchten fand auch unter Wasser ungeschwächt statt.

3. Wird die abgeschabte leuchtende Masse im Wasser suspendiert und in einer Eprouvette geschüttelt, so leuchtet das ganze Fluidum viel und zwar stärker als früher, somit verstärkt Bewegung das Leuchten gerade so, wie ich es bei den Seetieren fand.

4. Wird der Inhalt in derselben Eprouvette nur lauwarm gemacht, so verschwindet das Leuchten augenblicklich gänzlich.

5. Kälte dagegen stört das Leuchten nicht. Es wurde in eine Eprouvette mit Wasser die leuchtende Masse gebracht und die Eprouvette in eine Kältemischung von -14° gestellt, das Wasser in der Eprouvette fror sogleich und schloss die leuchtende Masse ein, doch die leuchtende Masse leuchtete fortwährend.“¹⁾

Ludwig²⁾ bemerkt, dass er auch an Wurstschalen Leuchten beobachtet hat. Kohlmann³⁾ berichtet über ein Stück Rotwurst, das

1) Heller, F., l. c. p. 243.

2) Ludwig, F., Lehrbuch der Kryptogamenkunde. l. c. p. 70.

3) Referiert in Hilgers Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genussm. April 1903. p. 331.

ihm zur Untersuchung übergeben wurde. Die Beobachtung ergab, dass sich sowohl auf der Oberfläche als auch auf dem Anschnitte leuchtende Punkte zeigten. Die Wurst war vollständig frisch und zeigte keine Spur von Fäulnis. Weitere brauchbare Angaben habe ich in der Literatur nicht vorgefunden.

Meine im Laufe der Zeit über leuchtendes Fleisch gesammelten Erfahrungen regten mich an, auch das Leuchten der Würste genauer zu verfolgen. Es wurden durch drei Monate (Dezember bis Februar) hindurch im ganzen 55 Proben verschiedener Wurstarten (Extrawurst, Würstel, Presswürste) von verschiedenen Wurstläden der Stadt angekauft und auf Schalen entweder in toto oder in dünnen Scheiben zerschnitten hingelegt, mit Glasglocken behufs Schaffung eines feuchten Raumes bedeckt und in einem kühlen ungeheizten Zimmer beobachtet. Die Wurst wurde in der einen Hälfte der Versuche ohne jeden Zusatz belassen, in der anderen aber mit einer 3%igen Kochsalzlösung benetzt, da sich das Salz bei den analogen Versuchen mit Fleisch so ausgezeichnet bewährt hatte. Nacht für Nacht wurden die Objekte beobachtet und zwar jedes so lange, bis es stärker zu faulen anfang und ein Leuchten dann nicht mehr zu erwarten war. Die Beobachtung währte durchschnittlich 8—10 Tage.

Aus den Versuchen ergab sich, dass das Leuchten der Würste viel seltener auftritt als das Leuchten des Schlachtvieh-fleisches, denn unter den 50 gekauften Proben zeigte sich eine Lichtentwicklung nur bei der Extrawurst und hier im ganzen nur viermal. Drei von den leuchtenden Wurstproben waren mit Salzwasser befeuchtet worden, so dass man auch hier sagen kann, dass das Kochsalz das Aufkommen der photogenen Bakterien fördert.

Das Licht war ganz ähnlich dem vom leuchtenden Fleisch und zwar ruhig, sternartig, seltener in grösseren weisslichen Flecken über die Oberfläche der Wurst verteilt, von weisslicher oder grünlichweisser Färbung.

Als ich von den leuchtenden Würsten abimpfte und den Licht-erreger isolierte, entpuppte er sich in allen vier Fällen als das uns vom Fleisch her bereits bekannte *Bacterium phosphoreum*. Auch dieses bedingt hier in Prag das Leuchten der Würste.

Da die Würste aus Fleisch von Schlachtieren bestehen, welches nachgewiesenermassen sehr häufig leuchtet, so wäre man vielleicht von vorneherein geneigt, auch bei Würsten ein häufigeres Leuchten anzunehmen. Meine Versuche aber zeigen, dass die Erscheinung hier viel seltener ist, was durch folgende Erwägung begreiflich wird. Die untersuchten Würste waren bei ihrer Bereitung entweder gekocht oder ge-

räuchert worden. Wenn auch die genannte Bakterie in dem Fleisch oder auf der Oberfläche der Würste ursprünglich vorhanden war, woran ich nach meinen Erfahrungen über leuchtendes Fleisch nicht zweifeln darf, so wird sie nachher entweder beim Kochen oder bei dem Räucherungsprozess, der ja auf die Bakterien in hohem Grade entwicklungshemmend oder tödend einwirkt, vernichtet, und dies ist meiner Meinung nach der Grund, warum Würste relativ so selten leuchten. Nur wenn zufällig an einzelnen Stellen im Innern der Wurst sich der Spaltpilz am Leben erhält, oder wenn nachträglich im Wurst- oder Fleischerladen die bereits gekochte Wurst mit der Leuchtbakterie neuerdings infiziert wird, kann diese sich weiterentwickeln und Leuchten hervorrufen.

Für forensische Zwecke sei noch hervorgehoben, dass eine leuchtende Wurst nicht ohne weiteres als ungeniessbar zu bezeichnen und zu konfiszieren ist, da das Leuchten der eigentlichen schädlichen Fäulnis stets vorangeht. Dasselbe gilt auch für Schlachtviehfleisch.

C. Über das Leuchten menschlicher Leichenteile.

Mitteilungen über diesen Gegenstand finden sich in der älteren Literatur, doch äusserst spärlich, in neuerer Zeit bin ich auf keine einschlägigen Angaben gestossen. Ruysch, Fourcroy, Chaussier und Wrisberg wollen bei Leichenöffnungen manchmal ein phosphorisches Licht bemerkt haben. Es wird angegeben, dass besonders die Muskeln und Verdauungswerkzeuge einiger zu Tod gehungerter Personen nach der Sektion Licht entwickelten¹⁾.

Ehrenberg²⁾ erwähnt, dass nach den Angaben von Pelatan und Mascagni menschliche Leichname nicht selten leuchten sollen. Mascagni erzählt sogar, dass er bei dem Lichte von Leichen einzelne seiner Lymphgefässpräparate gemacht habe, eine Angabe, die wie Ehrenberg schon richtig herausföhlte, auf Übertreibung beruhen dürfte.

Patruban teilte Heller³⁾ mit, dass er ein menschliches Gehirn ziemlich stark leuchten sah. Heller selbst legte einen Teil eines menschlichen Gehirnes, welches spontan nicht leuchtete, in Meerwasser, und einen anderen Teil in Seineswasser. Nach 12stündigem Liegen des Gehirns im Meerwasser leuchtete es, offenbar mit marinen Bakterien infiziert, ziemlich stark wie tote Seefische. Etwas märchenhaft klingt Dupugets (Gilberts Annalen Bd. 14, p. 501) Angabe, dass er in den Katakomben in Rom

¹⁾ Heinrich, Pl., l. c. p. 383.

²⁾ Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. l. c. p. 518.

³⁾ Heller, J. F., l. c. p. 165.

den Staub, der einen verwesenen menschlichen Leichnam $\frac{1}{2}$ Linie hoch bedeckte, oft so stark phosphoreszieren sah, dass er einen Teil des Grabes beleuchtete. Der Staub soll mehrere Monate geleuchtet haben.

Ich will, obwohl dies streng genommen nicht hieher gehört, hinzufügen, dass nach einigen Angaben auch menschliche Wunden leuchten sollen¹⁾, und dies könnte, die Richtigkeit der Angaben vorausgesetzt, auf einer Infektion mit Leuchtbakterien, vielleicht mit *Bacterium phosphoreum* beruhen. So bemerkte 1819 der berühmte französische Wundarzt Percy, dass er die Wunden am Fuss eines Offiziers mehrere tagelang habe leuchten gesehen. Ein Jahr später hat Percy mit Laurent das Leuchten menschlicher Wunden bei mehreren Soldaten wahrgenommen. Fournier Pescay hat es zweimal beobachtet. — Jetzt, da wir wissen, dass das Leuchten des Fleisches toter Schlachtthiere eine Erscheinung ist, die zweifellos häufig vorkommt, und wie wir gezeigt haben, leicht hervorgerufen werden kann, weil der Erreger des Lichtes, das *Bacterium phosphoreum* in Eiskellern, Schlachthäusern und Markthallen, wo Fleisch gewöhnlich Aus- und Eingang findet, ein gewöhnlicher Gast ist, war es naheliegend zu fragen, ob nicht dasselbe, was vom Schlachtviehfleisch gilt, auch für die menschliche Leiche zutrifft. Von vornherein war nicht einzusehen, warum das *Bacterium phosphoreum* vor dem Menschen haltmachen sollte.

Ich habe aus diesem Grunde den ganzen Winter 1902/03 Untersuchungen an menschlichen Leichenteilen gemacht und zwar in folgender Weise. Ein handgrosses Stück des Muskels vom Arme oder dem Fusse — gewöhnlich war es der von einem Stück Haut noch bedeckte *Musculus biceps brachii* — wurde bei der Sektion der Leiche entnommen, in eine sterilisierte Doppelglasschale hineingelegt, mit 3%iger Kochsalzlösung, wie dies bei der „Salzwassermethode“ früher angegeben wurde, benetzt und dann während der nächsten 14 Tage in einem Zimmer bei relativ niedriger Temperatur (8–12° C.) nachts beobachtet. Bei Kontrollversuchen wurde die Kochsalzlösung weggelassen. Das Material zur Untersuchung entstammte dem hiesigen pathologischen Institut der k. k. deutschen Universität. Die Muskelstücke wurden mir in zuvorkommenster Weise von dem Leiter dieses Institutes, Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Chiari zur Untersuchung zur Verfügung gestellt, weshalb ich mich gedrängt fühle, demselben hierfür meinen besten Dank zu sagen. Im ganzen wurden Proben von 30 verschiedenen männlichen und weiblichen Leichen entnommen. Das Resultat war in allen Fällen, eigentlich gegen meine Erwartung, ein negatives. In keinem einzigen Falle,

¹⁾ Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. l. c. p. 518.

weder bei Anwendung von Kochsalz noch ohne dieses, trat spontanes Leuchten ein.

Wurde aber der blossgelegte Arm-muskel mit *Bacterium phosphoreum*, den ich vom Rindfleisch zuvor rein abgezüchtet hatte, geimpft, so trat in den meisten Fällen ein so herrliches Leuchten ein, dass man das blaugrüne Licht im Schatten einer Zimmerecke bei hellem Tage wahrnehmen konnte. In der Nacht waren infolge des Lichtes nicht bloss die Umrisse des Fleischstückes sondern auch die der Glasschale deutlich zu sehen.

Die Tatsache, dass die Leichenteile unter den von mir beobachteten Verhältnissen spontan nicht leuchten, obwohl die Bedingungen für das Fortkommen des *Bacterium phosphoreum* und anderer Leuchtbakterien auf den Fleischteilen des Menschen gegeben sind, lehrt, dass die genannte, auf dem Schlachtviehfleisch fast immer vorhandene Photobakterie gewöhnlich nicht aus der Luft auf das Fleisch gelangt; denn wäre das *Bacterium phosphoreum* in der Luft oder im atmosphärischen Staube ein ständiger oder häufiger Gast, so müsste auch die der Luft ausgesetzte menschliche Leiche häufig spontan leuchten. Wir müssen daher schliessen, dass die erwähnte Leuchtbakterie sich, wie ich dies auch schon früher¹⁾ betonte, speziell in den Schlachthäusern, Eiskellern, Markthallen und Fleischhauereien, kurz da, wo Fleischwaren ständig vorkommen und aufgestapelt werden, eingenistet hat, und dass das neu hinzukommende Fleisch von dem alten immer vom neuen angesteckt wird. Im Prager deutschen pathologischen Institut herrscht peinliche Sauberkeit, eine Infektion der Menschenleiche mit dem *Bacterium phosphoreum* vom Fleische anderer toter Wesen ist nicht gut möglich, daher leuchten die menschlichen Leichen hier spontan nicht. Unter anderen Verhältnissen könnte aber auch an diesen spontanes Leuchten auftreten und auf derartige Verhältnisse scheinen sich die Angaben der älteren Literatur zu beziehen.

D. Über das Leuchten toter Fische und anderer Seetiere.

1. Marine Fische.

Das Leuchten von toten Seefischen ist eine namentlich den Fischern an der See seit langer Zeit bekannte Tatsache. Schon bei Pl. Heinrich findet sich der Satz: „Alle Seefische leuchten nach dem Tode“²⁾. Er zählt diejenigen Fische auf, die als leuchtend bis auf seine Zeit angegeben

1) Molisch, H., Über das Leuchten des Fleisches etc. I. c.

2) Heinrich, Pl., I. c. III. 1815. p. 364.

worden sind, und berichtet dann über Erfahrungen, die er an Fischen, die von der holländischen Seeküste während des Winters auf den Regensburger Markt gebracht wurden, gemacht hat. So sagt er vom Kabeljau, *Gadus Morhua*: „Er war drei Fuss lang, ziemlich fett und wie alle verschickten Fische bereits in Holland ausgenommen. Sobald er hier eintraf, wurde er abgeschuppt, einen Tag lang in frisches Wasser gelegt, und dann in einem Speisgewölbe von ungefähr 12° R. Temperatur aufgehangen. Abends darauf leuchtete der Fisch schon merklich in den Höhlungen der Augen und des Kopfes und an mehreren Stellen des Rückens. Das Licht zeigte sich nur auf der Oberfläche und bildete hier und dort helle Punkte und Streifen. Am zweiten Abend war das Phänomen viel schöner und ausgebreiteter, am dritten erreichte es vermutlich das Maximum: das Licht war hellglänzend, und es übertraf den Kunkelschen Phosphor. Man konnte den Leuchtstoff mit der Hand wegwischen, mit dem Messer abstreifen, und alles damit leuchtend machen. Jetzt wurde er im Finstern gewaschen, und für den folgenden Tag als Gericht bestimmt, wobei das Wasser eine leuchtende See im Kleinen bildete, und als es abgelassen wurde, einen Lichtstrom darstellte.“

Eine der besten, auf gründlichen Versuchen basierenden Untersuchungen über das Leuchten toter Fische, die in ihrer Durchführung auf Schritt und Tritt den exakten Naturforscher verrät, verdanken wir dem in dieser Schrift schon oft genannten Wiener Gelehrten Heller¹⁾. Nachdem er die weite Verbreitung der Erscheinung bei Seefischen und ihre Seltenheit bei Süßwasserfischen betont hatte, bespricht er die Ergebnisse seiner eigenen Versuche, von denen ich nur folgende hervorheben möchte.

1. Das Leuchten toter Fische und anderer Tiere steht durchaus nicht zu dem Grade der Verwesung und Fäulnis im gleichen Verhältnis, sondern vorgeschrittene Verwesung und Fäulnis heben das Leuchten wieder gänzlich auf.

2. Nur die Oberfläche der Tiere leuchtet, frische Schnittflächen aber nicht.

3. Das Leuchten tritt gewöhnlich erst einige Zeit nach dem Tode, frühestens 24 Stunden nach dem Absterben ein. Gewöhnlich an den Augenhöhlen zuerst, dann um die Kiemendeckel herum als leuchtender Saum und später in Form von kleinen Punkten oder Flecken, die immer zahlreicher und grösser werden, bis endlich der Fisch an seiner ganzen Oberfläche leuchtet. Die Erscheinung erreicht ihre grösste Intensität am 3.—5. Tage und verschwindet, sowie die stinkende Fäulnis beginnt und die Oberfläche des Fisches stark alkalisch reagiert.

¹⁾ Heller, J. F., l. c. p. 124.

4. Bei gelinder Wärme erlischt das Licht allmählich, aber sofort bei einer noch weit unter der Siedehitze des Wassers stehenden Temperatur. Niedrige Temperatur beeinträchtigen das Phänomen bei weitem nicht so. Als Heller einen leuchtenden Fisch im Wasser einfrieren liess, leuchtete er noch einen ganzen Tag im Eise eingeschlossen weiter fort.

Was aber die Hellerschen Untersuchungen, auf welche ich noch des öfteren werde zurückkommen müssen, im besonderen Grade auszeichnet, liegt in dem Umstande, dass er zum erstenmale auch das Leuchten toter Fische auf einen Pilz zurückgeführt hat, den er *Sarcina noctiluca* nennt. Wenn es sich auch nach unseren heutigen systematischen Anschauungen um keine *Sarcina* handelt, und das Leuchten von toten Fischen, wie wir heute bestimmt wissen, nicht immer von denselben Bakterien hervorgerufen wird, so dürfen wir mit Rücksicht auf den Stand der bakteriologischen Erfahrungen in den fünfziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts und mit Rücksicht auf die geringe Leistungsfähigkeit der damaligen Mikroskope darüber nicht zu streng urteilen. Dem Genannten gebührt sicherlich das grosse Verdienst, erkannt zu haben, dass es sich hier nicht, wie man bisher allgemein annahm, um einen rein chemischen, auf der Bildung von Phosphor oder einer Phosphorverbindung beruhenden Prozess handelt, sondern um einen vitalen Akt, um eine lebende Pflanze, um einen Pilz, welcher leuchtet.

Zu derselben Ansicht gelangte Pflüger, und bekanntlich wird ihm übereinstimmend die Priorität hierin zugeschrieben. Diese gebührt aber Heller, wie ich durch Ausgrabung der vollständig verschollenen Abhandlung Hellers nachgewiesen zu haben glaube. Nichtsdestoweniger bleiben Pflügers Untersuchungen vom grössten Interesse, weil sie sich vielfach in ganz anderen Bahnen bewegen und uns mit neuen Tatsachen bekannt machen. Nachdem Pflüger durch eine gründliche Umschau über die einschlägige Literatur, auf welche ich hier auch ausdrücklich verweise, mehr und mehr zu der Ansicht geführt wurde, dass die auf der Oberfläche toter Fische vorhandene leuchtende Substanz die Eigenschaften einer lebenden Materie aufweise, geht er darauf aus, dies auch wirklich zu beweisen. Er untersucht zunächst die leuchtende, von der Fischoberfläche abwischbare Leuchtmaterie mikroskopisch, findet neben Fetttropfen und Krystallen verschiedene Kleinwesen entweder ruhend oder in Bewegung und überzeugt sich durch Filtration, dass das Leuchten von Spaltpilzen ausgeht¹⁾. Eine genauere Beschreibung der Leuchtbakterien wurde von Pflüger nicht gegeben, ihm war es hauptsächlich nur darum zu tun, das Leuchten toter Fische und anderer Tiere überhaupt auf die Tätigkeit von Lebewesen zurückzuführen.

¹⁾ Pflüger, E., l. c. XI. Bd. 240.

Gelegentlich eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes auf Helgoland und in Triest während der Monate August und September machte ich verschiedene Beobachtungen über das Leuchten toter Fische. Auf Helgoland pflegen die Fischer die gefangenen Flunder auf Schnüre zum Trocknen aufzuhängen. Während der Nacht habe ich oft in den kleinen Gärten der Helgoländer das Leuchten solcher hängender Fische, die gleich Irrlichtern in der Luft schweben und im Winde hin- und herbaumeln, bewundert.

In Triest legte ich in der zoologischen Station zahlreiche Fische im toten Zustande auf Schalen, um das Leuchten zu beobachten. Die meisten fingen bei einer Temperatur von etwa 20° C. schon am 1.—2. Tag nach ihrer Abtötung an Licht zu entwickeln, z. B. *Gadus euxinus* Nordm., *Zeus Faber* L., *Trachurus trachurus* Casteln, *Scorpaena porcus* L., *Sargus annularis* L., *Chrysophrys aurata* L., *Solea vulgaris* L., *Scomber scomber* L., *Labrax lupus* Cuvier., *Cepola rubescens* L., *Hippocampus brevisrostris* Cuv., *Gobius* sp., *Clupea sardina* Risso, *Engraulis encrasicolus* L., *Mullus barbatus* L., *Trachinus draco* L., *Pagellus erythrinus* Cuv. e. Val., *Pleuronectes italicus* Günther; besonders schön die drei zuerst genannten, hingegen habe ich kein Licht gesehen bei *Mustelus laevis* Risso und *Acanthias vulgaris*. — Das Licht war immer ein ruhiges, niemals ein wallendes, von silberweisser Farbe und oft so stark, dass man nicht bloss einzelne Organe wie Kiemen und Flossen, sondern die Umrisse des ganzen Fisches deutlich erkennen konnte.

Als ich ähnliche Untersuchungen zu meiner Orientierung mit Fischen machte, die am Triester Markte eben gekauft worden waren, war ich überrascht zu sehen, dass viele schon in dem Zustande, wie sie am Markte zum Verkaufe ausgebaut wurden, leuchteten. Um mich zu überzeugen, ob dies nur eine vereinzelte Erscheinung sei oder ob in Triest auf den Markt gebrachte Fische schon oft hier leuchten, verschaffte ich mir den Eintritt in die Keller, wo die Fischhändler ihre Waren von einem Tag zum anderen aufbewahren. Das Schauspiel, welches sich mir hier darbot, war überraschend und wird mir in dauernder Erinnerung bleiben. In zahlreichen Körben, in welchen viele hunderte grosse und kleine Fische der verschiedensten Art angehäuft waren, tauchten auf der Oberfläche der Fische gleich den Sternen am nächtlichen Himmel zahllose Lichtpunkte auf, die, sobald das Auge sich an die Finsternis gewöhnt und für kleine Helligkeiten grosse Empfindlichkeit erhalten hatte, immer deutlicher wurden, zu silberweissen Flecken zusammenflossen und den Fisch nicht selten an seiner ganzen Oberfläche leuchtend erscheinen liessen. Die vielen Körbe strahlten ein eigen tümliches, magisch erscheinendes, der Mondbeleuchtung vergleichbares

Licht aus und verliehen der ganzen Umgebung etwas Phantastisches und Geisterhaftes, das nur noch gesteigert wurde, als die um mich herumstehenden Knaben ihre Finger durch Berührung mit den Fischen leuchtend machten und unter staunender Bewunderung mit den leuchtenden Fingerspitzen in der Luft herumfuhren.

Alle diese leuchtenden Fische, die ich hier im Keller gesehen hatte, waren kurz vorher gegen 7 Uhr abends, als der Fischmarkt gesperrt wurde, eben aus der Verkaufshalle in den Keller gebracht worden und wurden den nächsten Morgen wieder auf den Markt zum Verkaufe ausgedoten. Ich kann daher sagen, dass wenigstens in der warmen Jahreszeit ein grosser Teil der Fische im leuchtenden Zustande zum Genusse verkauft wird, ohne dass der Käufer eine Ahnung davon hat. Derartige Fische sind so zu sagen noch frisch, haben keinen unangenehmen Geruch und befinden sich noch nicht im Stadium stinkender Fäulnis. Sowie das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere sich gewöhnlich vor dieser einstellt und das Fleisch, vorausgesetzt, dass das Leuchten nicht schon zu lange angedauert hat, dabei noch genussfähig bleibt, genau so verhalten sich auch leuchtende tote Fische. Davon überzeugte ich mich bei meinem nächtlichen Besuch in den Fischkellern von Triest.

Die Ursache des Leuchtens bei toten Seetieren in Triest sind verschiedene Arten von Leuchtbakterien, doch fand ich auffallenderweise niemals das *Bacterium phosphoreum* darunter, sondern stets andere. Im ganzen konnte ich vier neue Arten nachweisen: *Bacillus photogenus*, *B. luminescens*, *B. gliscens* und den ungemein intensiv leuchtenden, auch in der Nord- und Ostsee vorkommenden *Bacillus lucifer*¹⁾.

Es ist von vornherein begreiflich, dass die bei marinen toten Fischen so häufig auftretende Lumineszenz nicht gerade auf diese Tierklasse beschränkt bleibt, sondern sich auch auf andere Seetiere erstrecken kann. Schon bei Heinrich²⁾ findet man die Angabe, dass nicht mehr ganz frische Austern zu leuchten vermögen. Von der Richtigkeit dieser Beobachtung habe ich mich überzeugt. Einzelne Austern, die ich in den Delikatessenhandlungen Prags kaufte, zeigten 2—3 Tage nach dem Absterben Lichtentwicklung.

In der gründlichen Abhandlung Hellers³⁾ finden sich, abgesehen von wertvollen Angaben über Fische auch solche über das Leuchten toter Seetiere. Da diese Arbeit nur wenigen Lesern zur Verfügung stehen dürfte, so will ich Hellers Befunde darüber wörtlich anführen: „Jedes Seetier,

¹⁾ Molisch, H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Sitzber. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-Naturw. Klasse. 1904.

²⁾ Heinrich, l. c. p. 370.

³⁾ Heller, J. F., l. c. p. 135.

welches ich untersuchte, fing nach dem Tode in 24—48 Stunden zu leuchten an; das Leuchten, bald stellenweise, bald auf grösseren Flächen auch über den ganzen Körper ausgedehnt, dauerte bis den vierten und fünften Tag und immer hörte es auf, wenn Fäulnisgeruch, starke alkalische Reaktion und Ammoniakbildung auftraten. Schalthiere, alle Arten von Krebsen, besonders Hummer, von Weichtieren, Mollusken etc. zeigten das Phänomen. — Besonders erwähnenswert ist, dass das Leuchten stellenweise auch an den Muscheln und Schnecken an der Aussenseite der Schalen ganz so und unter den nämlichen Umständen auftritt, wie bei den Tieren selbst. Ich experimentierte vorzüglich mit Austern. Das Resultat der Versuche mit der leuchtenden Substanz aller anderen Seetiere als Fische war ganz dasselbe wie bei den Fischen. Die Substanz war stets so trennbar, dass die Stelle nicht leuchtend ward. Alle Reaktionen und Versuche für das Unterhalten und Aufheben des Leuchtens waren dieselben wie bei den Fischen, und die mikroskopischen Untersuchungen über die Ursache des Leuchtens lieferten so wie die chemischen Versuche dasselbe Resultat wie bei den Fischen.

Bemerkenswert ist es jedoch, dass ich bei den Austerschalen das Leuchten auch schon da beobachtete, wenn das Tier zwischen den Schalen noch im unversehrten und lebenden Zustande war. Die Sache findet jedoch darin ihre Erklärung, wenn man berücksichtigt, dass unzählige kleine Seetiere an der Aussenseite der Austerschalen so wie anderer Schalthiere festsitzen und so an der Luft liegend, früher absterben als die Auster selbst.“

Ich selbst habe zahlreiche verschiedene Seetiere teils in Triest, teils nach ihrer Ankunft in Prag im toten Zustande leuchten gesehen, z. B. Seesterne, Austern, Eledone, *Virbius viridis*, *Pinna* (Steckmuscheln), *Lima inflata*, Crustaceen und *Mytilus* (Miesmuscheln) und mich überzeugt, dass auch hier das Leuchten immer durch Bakterien bedingt war. Ungemein häufig findet man marine Flohkrebse (Amphipoden) im toten Zustande leuchtend.

2. Süßwasserfische.

Während das Leuchten von Meeresfischen als eine weitverbreitete Erscheinung übereinstimmend zugegeben wird, liegen über die Lichtentwicklung von toten Süßwasserfischen ziemlich widersprechende Ansichten vor, doch lautet gegenwärtig die Mehrzahl der Angaben dahin, dass das spontane Leuchten bei Süßwasserfischen im grossen und ganzen selten vorkommt.

Gegen die Behauptungen früherer Gewährsmänner (Porta, Schott, Halle, Dessaignes), die den Satz „*pisces sale conditi lucent*“ auch für Süßwasserfische zur Geltung bringen wollten, hat bereits Heinrich¹⁾ auf Grund seiner Versuche Stellung genommen. Er prüfte zahlreiche Süßwasserfische (Aal, Rutte, Barsch, Schiel, Wels, Forelle, Hecht, Barbe, Karpfen, Schleie und Weissfisch) mit und ohne Kochsalz, hatte aber fast gar keinen Erfolg. „Aus mehr als dreissig Proben gelang eine einzige vollständig, eine andere kaum zur Hälfte, alle übrigen ganz und gar nicht.“ Das positive Resultat bezog sich auf einen Hecht: „Am 13. Dezember 1814 nachmittag wurde ein dreipfündiger Hecht abgetan, ausgenommen, mit frischem Wasser abgewaschen, seiner Schuppen beraubt, dann mit Kochsalz reichlich und kräftig in- und auswendig eingerieben und so in einen Speisebehälter von 12° Temperatur auf einer flachen Schüssel hingelegt. Den 14. abends leuchtete er schon, den 15. noch schöner, am 16. und 17. abends stand er in seiner schönsten Lichtperiode. Er übertraf an Helle den Schellfisch (§ 75), vermutlich weil er grösser war. Das Licht war weisslicht, ruhiger glänzend, erstreckte sich vom Kopf bis zum Schweif durch alle Teile. Der Hecht schwitzte und eine schleimige Feuchtigkeit lagerte sich auf der ganzen Oberfläche, die man mit den Nägeln der Finger wegwischen und womit man die ganze Hand schön leuchtend machen konnte. Hierbei war der Fisch noch ganz gut und äusserte keine Spuren Fäulnis.“

Heller²⁾ erhielt in Berlin bei seinen einschlägigen Versuchen negative Resultate. Da ihm aber Johannes Müller mitteilte, dass er auch an Süßwasserfischen das Leuchten beobachtet habe, so sah er sich zu neuen Experimenten gelegentlich eines Aufenthaltes in Giessen mit Fischen aus der Lahn aufgemuntert. Und nun gelang es ihm tatsächlich, aber nur stellenweise am Hecht und Aal, schwaches spontanes Leuchten zu sehen. Bei weiteren Versuchen in Paris mit Fischen aus der Seine konnte gleichfalls nur bei einigen wenigen Lichtentwicklung festgestellt werden.

Während das blosse Einreiben mit Kochsalz keinen Erfolg hatte, gelang es ihm leicht, Süßwasserfische (Aal, Hecht) durch Imprägnieren mit Meerwasser leuchtend zu machen. Analoges konnte er bei Kaninchen konstatieren, die 12 Stunden in Meerwasser eingelegt und dann der Luft ausgesetzt worden waren. Die Kaninchen leuchteten stellenweise an den Eingeweiden.

Versuche über die ansteckenden Eigenschaften der Leuchtmaterie

¹⁾ Heinrich, Pl., l. c. p. 378.

²⁾ Heller, J. F., l. c. p. 135.

verdanken wir auch Pflüger¹⁾. Er infizierte mit dem leuchtenden Belag des marinen Schellfisches mehrere Arten von Süßwasserfischen: Aal (*Anguilla vulgaris*), Schleie (*Cyprinus Tinca*), Karpfen (*Cyprinus carpio*), Barbe (*Barbus fluviatilis*), Weissfisch (*Cyprinus leuciscus*). Jeder Süßwasserfisch wurde, ebenso wie die Schellfische, einzeln für sich über die Nacht in eine 3%ige Lösung von Seesalz eingelegt, um ihn mit Salz gehörig zu durchtränken. Sodann wurde jeder Süßwasserfisch in zwei Hälften zerlegt, die eine davon wurde ohne weiteres auf Schalen in einem Keller deponiert, die andere gleichfalls, zuvor aber noch in der Salzlösung, in welcher der Seefisch lag, abgespült und wohl auch etwas an ihm gerieben. Das Resultat war, dass stets der Seefisch früher zu leuchten anfangt als die Süßwasserfische, dass aber nach 2—3 Tagen alle Teile der Süßwasserfische, die mit dem Schellfisch in Berührung gekommen waren, zu leuchten anfangen, während die nicht infizierten Fische mit einer einzigen Ausnahme dunkel blieben. Man kann also Süßwasserfische auf diese Weise leuchtend machen und zwar ebenso stark wie dies bei Seefischen der Fall ist. So hat der genannte Autor bei einer Schleie die Lichtentwicklung mit einer Kraft auftreten sehen, „dass das Tier aussah, als ob es von Silber sei und von hellem Mondesglanz beschienen wäre.“

Pflüger führt das zuweilen beobachtete Leuchten von Süßwasserfischen auf eine Infektion mit Seewasserfischen zurück. Er betont ganz richtig, dass auf dem Markte eine solche Infektion sehr leicht möglich sei. Wenn man bedenkt, dass der Fischhändler jetzt einen marinen Fisch in der Hand hält, dann wieder einen Süßwasserfisch, und dass beiderlei Fische auf die Waage kommen, und der Schleim des einen auf die Haut des anderen gelangen kann, so wird sicherlich eine Infektion erfolgen können.

Um über die Sache ein eigenes Urteil zu gewinnen, habe ich in Prag zunächst Süßwasserfische vom Fisch- und Aquariumhändler, und zwar Karpfen, Hecht, Grundeln, Barsche und Schmerlen auf Leuchten geprüft. Die frisch gekauften Fische wurden getötet, zum Teil ohne weitere Behandlung auf Schalen ausgelegt, zum Teil noch vorher durch einige Stunden in einer 3%igen Kochsalzlösung liegen gelassen. Obwohl ich im ganzen gegen 110 Fische untersuchte — sie blieben bis zum Eintritt starker Fäulnis in einem ungeheizten Raum, von Glasglocken bedeckt, liegen — habe ich, abgesehen von zwei Fällen, in welchen ich deutliches Leuchten beim Karpfen gesehen habe, niemals den Eintritt einer Lichtentwicklung feststellen können. Nach diesen und anderweitigen Erfahrungen, namentlich aber mit Rücksicht auf den Umstand,

1) Pflüger, E, l. c. Bd. XI. p. 236.

dass bisher mit Sicherheit noch keine leuchtende Süsswasserbakterie entdeckt wurde, schien es mir sehr wahrscheinlich, dass in den wenigen Fällen, wo Leuchten bei Fischen unseres süssenen Wassers eintritt, die Lichtentwicklung nicht ursprünglich von Bakterien des süssenen Wassers herrührt, sondern erst sekundär durch eine Infektion mit marinen Leuchtbakterien veranlasst wird.

Wenn diese Ansicht auf ihre Richtigkeit geprüft werden sollte, dann dürfen meiner Ansicht nach nur Fische verwendet werden, die noch keine Gelegenheit hatten, beim Fischhändler oder auf dem Markte oder sonst irgendwo mit marinen Fischen in Kontakt zu kommen und von ihnen infiziert zu werden. Um dieser Bedingung zu entsprechen, schien es mir am zweckmässigsten, die Fische selbst aus dem Fluss oder aus dem See zu fangen und sie nach der Tötung auf Leuchten zu beobachten, wobei jede Berührung mit marinen Fischen und auch mit dem Fleisch toter Schlachttiere zu vermeiden war und auch leicht vermieden werden konnte.

Zu diesem Zwecke habe ich im Sommer 1903 am Kochelsee in Oberbayern durch zwei Monate hindurch eifrig geangelt, nachdem ich schon zwei Jahre vorher in Zell am See (Salzburg) einschlägige Erfahrungen gesammelt hatte.

Die mit der Angel aus dem See gezogenen Fische wurden in reinem Wasser nach Hause gebracht, hier auf reine Teller gelegt, mit solchen bedeckt und in einem Keller bei etwa 16—18° C. deponiert. Beobachtet wurde solange, bis der Fisch in starke Fäulnis übergegangen war. Auch wurde jede Art mit und ohne Kochsalz geprüft und zwar in der Weise, wie ich es schon früher angegeben habe.

Meine Beobachtungen erstrecken sich auf etwa 300 Fische und zwar auf folgende Arten: Hecht *Esox lucius*, Flussbarsch *Perca fluviatilis*, Brachsen *Abranus Brama*, Rotaugen *Leuciscus rutilus*, Aal *Anguilla vulgaris*, Aalraupe *Lota vulgaris* und Lauben *Alburnus Mento*.

In keinem einzigen Falle konnte auch nur eine Spur von Leuchten beobachtet werden.

Da nun meine Experimente mit Süsswasserfischen, die durch marine Bakterien nicht infiziert werden konnten, ein durchaus negatives Resultat ergaben, und da eine Lichtentwicklung selbst bei solchen Süsswasserfischen, die auf dem Markte oder beim Händler in Berührung mit marinen Fischen gekommen sein konnten, nur ganz ausnahmsweise vorkommt, so dürfte wohl der Schluss berechtigt sein, dass Süsswasserfische ohne vorher eingetretene Infektion mit marinen Photobakterien überhaupt nicht

leuchten, und dass das hie und da beobachtete Leuchten bei Süßwasserfischen auf eine Ansteckung durch photogene Spaltpilze mariner Fische zurückzuführen ist.

Im Anschlusse sei mitgeteilt, dass es Hulme¹⁾ zweimal geglückt sein soll, junge Frösche (geschwänzte Kaulquappen) in einer wässerigen Lösung von Glaubersalz, sowie mit Küchensalz leuchtend zu machen. Die Tiere begannen nach zwei Tagen zu leuchten, das Licht hielt durch sechs Tage an und war gewöhnlich nur bemerkbar, wenn man die Salzlösung schüttelte. Der Versuch gelang, als er von Hulme zehn Tage später wiederholt wurde, nicht mehr. Da Heinrich aus Erfahrung wusste, dass Austern spontan leuchten können, so interessierte es ihn, nachzusehen, ob sich unsere Flussconchylien nicht vielleicht ähnlich verhalten. Alle seine Bemühungen, die Flussmuschel *Mya pictorum* zum Leuchten zu bringen, blieben fruchtlos. Im Hinblick auf unsere Erfahrungen mit Süßwasserfischen und weil der vorhin erwähnte Versuch Hulmes mit Kaulquappen nur ein einziges Mal gelang, liegt der Gedanke nahe, auch hier eine Infektion entweder mit marinen Leuchtbakterien oder mit dem auf Küchenfleisch so verbreiteten *Bacterium phosphoreum* anzunehmen.

E. Über das Leuchten lebender Tiere, hervorgerufen durch Infektion.

Ich habe schon vorhin hervorgehoben, dass marine Amphipoden im toten Zustande häufig leuchten.

Giard²⁾ hat nun die interessante Beobachtung gemacht, dass *Talitrus* mitunter schon im lebenden Zustande leuchtet. Am Strande bei Wimereux sah er unter Tausenden *Talitrus*, welche nicht leuchteten, einen, der im Gegensatze zu den anderen nicht sprang, sondern langsam über den Sand dahinkroch und ein intensives Licht verbreitete. Giard vermutete daher, dass es sich hier nicht um eine physiologische Besonderheit handele, sondern dass der Krebs von Leuchtbakterien befallen sei. In der Tat zeigte sich das Innere des Tieres mit Bakterien (Diplokokken) vollgepfropft und wenn man gesunde Tiere mit dem bakterienhaltigen Blute der kranken leuchtenden impfte, so konnte man diese „Lichtseuche“ auf die gesunden übertragen. Mit gutem Erfolge gelang auch

¹⁾ Heinrich, Pl., l. c. p. 381.

²⁾ Giard, A. und Billet, A., Beobachtungen über die Phosphorenzkrankheit des *Talitrus* und anderen Crustaceen. *Comptes rendus de la société de Biologie*. 1889. sér. IX. Tom. I. p. 593. A. Giard, Neue Untersuchungen über die leuchtenden pathogenen Bakterien. Ebenda 1890. T. II. p. 188.

die Impfung durch Impfstich auf *Orchestia*, *Hyale Nilssoni* Rathke, *Ligea oceanica* L., den Isopoden *Philoscia muscorum* und *Porcellio scaber*, während Dekapoden (*Carcinus maenas*) zwar an der Stichstelle leuchtend, aber nicht weiter infiziert wurden. Da es Giard weiterhin gelang, mit den von einem toten Flunder herrührenden Photobakterien *Talitrus* zum Leuchten zu bringen, so stellt sich der genannte Forscher vor, dass sich verwundete *Talitrus*, wenn sie unter den Auswürfen des Meeres hausen und hier von toten leuchtenden Fischen fressen, sich die Photobakterien einimpfen und dadurch leuchtend werden. Die im *Talitrus* mit weissgrünlichen Lichte schimmernden Bakterien erwiesen sich als pathogen, denn der damit infizierte Krebs wird nach und nach matter und stirbt schliesslich ab. Nach eingetretenem Tode leuchtet er noch einige Stunden und nimmt dann eine bräunliche Färbung an. Von Interesse sind auch die Versuche Tarchanoffs¹⁾ über durch Impfung mit Photobakterien leuchtend gemachte Frösche. Um solche zu erhalten, spritzt er dem Frosche in den Lymphsack des Rückens einige ccm leuchtender Bouillon ein. Die Bakterien gelangen von hier aus allmählich ins Blut und machen nach und nach den ganzen Körper insbesondere die Zunge und andere transparente Teile leuchtend. Das Licht genügte, um die Umrisse des auf die photographische Platte gesetzten Frosches, der von ihr nur durch eine gewöhnliche Glasplatte getrennt war, zu erhalten. Nach 3—4 Tagen erlöschen die Frösche, wahrscheinlich weil, wie der genannte Autor meint, die Bakterien durch Phagocytose zerstört werden, und die Tiere werden dann wieder normal. Da die Bakterien, mit denen Tarchanoff experimentierte, dem baltischen Meere angehörten, mithin auf niedere Temperaturen gestimmt waren, so ist es begreiflich, dass solche Versuche mit warmblütigen Tieren, deren Körpertemperatur die Bakterien nicht mehr aufkommen lässt, nicht gelingen.

In der Literatur²⁾ findet sich die Angabe, dass die gewöhnliche Maulwurfsgrille zuweilen leuchte. Eine Beschreibung eines bestimmten Falles verdanken wir Ludwig³⁾. Zwei seiner Schüler beobachteten an einer Maulwurfsgrille einen im Dunkeln mit grünlich weissem Lichte leuchtenden Fleck, der so hell war, dass man ihn auch bei Tage in einem dunkeln Zimmer unter einem Tuche sah. Das Tier wurde in einem Glase mit Erde gehalten, wobei an einem halbdunkeln Orte von

1) Tarchanoff, J., *Lumière des bacilles phosphorescents de la mer Baltique*. Compt. rendus CXXXIII. 1901. p. 246—249.

2) Dittrich, R., *Über das Leuchten der Tiere*. Wissensch. Beilage z. Progr. des Realgymnasiums am Zwinger zu Breslau. 1888. p. 2.

3) Ludwig, F., *Über die Phosphoreszenz von Gryllotalpa vulgaris*. Bd. IX p. 561. Ein Referat darüber in Bot. Zentralbl., Beihefte. 1891. p. 412.

ihm nichts zu sehen war als die unsymmetrische, an der rechten Seite des Körpers hinter dem Kopfe gelegene leuchtende Stelle.

Während des Sommers 1901 habe ich mehrere Monate an 20 Maulwurfsgrillen, die in einem grossen Glase mit feuchter Erde gehalten und regelmässig gefüttert wurden, Beobachtungen angestellt, niemals aber eine Lichtentwicklung wahrnehmen können. Es ist daher nicht unmöglich, dass der von Ludwig beschriebene Fall durch eine Infektion mit einem leuchtenden Pilz bedingt war.

Das Gleiche ist vielleicht auch bei leuchtenden Fliegen der Fall, die manchmal beobachtet worden sind.

Die Literatur über diesen Gegenstand vermehrt durch eigene Beobachtungen hat Peter Schmidt¹⁾ zusammengestellt. Aus dessen Arbeit entnehme ich, dass Pallas gelegentlich eines Aufenthaltes am Ufer des Astrabadschen Meerbusens ein Leuchten bei der gewöhnlichen Stechmücke *Culex pipiens* L. beobachtet habe. Pallas scheint aber *Culex* mit *Chironomus* verwechselt zu haben.

Das Leuchten von Mücken wurde 1874 zum zweiten Male von dem Mitgliede der Aralo-Caspischen Expedition W. D. Alenizyn²⁾ entdeckt. Während eines Aufenthaltes am Aral-See und in der Gegend der Mündung des Amu-Darja hatte er Gelegenheit, viele leuchtende Mücken (*Chironomus*) zu beobachten, die sich auf den Schiffsborden niederliessen.

1871 fand Brischke³⁾ am Kadaunefluss in Pommern zwei leuchtende Weibchen von *Chironomus tendens* Fr., und Sorokin sah leuchtende Zuckmücken am Issykkul-See. Schmidt hatte am Issykkul-See im Sommer 1892 gleichfalls das Glück, leuchtende Mücken zu sehen, die er als *Chironomus intermedius* St. bestimmt hat, eine Art, die nach Schinners Meinung bloss eine Varietät des gemeinen *Chironomus plumosus* L. ist.

Es sprechen nach Schmidt mehrere Umstände dafür, dass hier eine Infektion vorliegt.

1. Zeigt sich das Leuchten nicht an speziell leuchtenden Arten sondern an ganz gewöhnlichen, weit verbreiteten Formen.

2. Leuchten nicht besondere Organe, sondern die ganze Oberfläche mit ihren Anhängen (Füsse und Antennen). Auch ist das Leuchten nicht vom Willen des Tieres abhängig.

1) Schmidt, Peter, Über das Leuchten der Zuckmücken (*Chironomidae*). Zool. Jahrbücher, Abt. f. Systematik, Geographie u. Biologie der Tiere. VIII. Bd. Jena 1895. p. 58–60.

2) Alenizyn, W. D., In „Trudy“ der Gesellschaft. V. 6. 1875. p. XI.

3) Brischke, Leuchtende Dipteren, in: Deutsche Ent.-Ztg., Jahrg. 20. 1876. Heft 3. Entom. Monatsblätter v. D. Kraatz, Berlin.

3. Die Mücken sind auffallend unbeweglich und machen den Eindruck von kranken Tieren. Man beachte die Schilderung Alenizyns: „Ich habe keine selbständigen Bewegungen der Insekten beobachtet, die, welche ich in die Hände nahm, blieben vollkommen unbeweglich. Beim Anrühren schienen einige Individuen undeutliche Bewegungen zu machen, gewöhnlich fielen sie aber dabei nieder, und da sie grösstenteils sich an der äusseren Seite des Schiffbords gruppierten, so gerieten sie ins Wasser.“

Nach den Aussagen der Einwohner fliegen die leuchtenden Fliegen sehr selten, sondern sitzen gewöhnlich unbeweglich auf den Ästen der Sträucher. Schüttelt man die Zweige, so fallen die Insekten in die darunter gehaltene Hand und machen nicht den geringsten Versuch wieder fortzufliegen.

4. Erwägt man ferner, dass an solchen Fliegen keine den Leuchtorganen anderer Tiere ähnlichen Gebilde aufgefunden werden konnten und die Männchen ebenso wie die Weibchen Licht entwickeln, das Leuchten also wohl schwerlich eine Rolle in geschlechtlicher Beziehung spielen dürfte, so wird es nicht unwahrscheinlich, dass ein ähnlicher Fall wie bei *Talitrus* vorliegt und auch gewisse Mücken von photogenen Bakterien oder anderen Leuchtpilzen befallen werden können. Eine endgültige Entscheidung dieser interessanten Frage steht nur von Infektionsversuchen zu erwarten.

M. Sybille Merian teilt in ihrem grossen Werke „*Metamorphosis insectorum Surinamensium*“ mit, dass die grosse surinamsche Laternenfliege, *Fulgora laternaria* leuchte. Sie hatte mehrere dieser lebenden Insekten in eine Schachtel eingeschlossen. In der Nacht machten sie ein so grosses Geräusch, dass sie sich bewogen fühlte, nachzusehen. Beim Öffnen der Schachtel war sie im hohen Grade überrascht, die Insekten wie im Feuerschein erglänzen zu sehen. Das Licht war so stark, dass man bei dem von einem einzigen Tiere eine Zeitung lesen konnte.

Obwohl verschiedene Forscher dieser Sache ihre Aufmerksamkeit widmeten, konnte doch keiner von ihnen Merians Befund bestätigen. Für diese zweifelhafte Angabe glaubt nun Distant¹⁾ den Schlüssel gefunden zu haben in der vorhin besprochenen Arbeit Peter Schmidts über das Leuchten von Chironomiden. Distant meint, dass auch das Leuchten des Laternenträgers auf denselben Ursachen, auf einer Ansteckung mit leuchtenden Mikroorganismen beruhe, und dass hiedurch

¹⁾ Distant, W. L., On a probable explanation of an unverified observation relative to the family Fulgoridae. Transactions of the entomolog. society of London. 1895. p. 429.

auch die Seltenheit des Phänomens bei diesem Insekte erklärt werden könnte.

Diese Fälle bedürfen noch einer gründlichen Untersuchung, desgleichen würde es sich empfehlen, das mehrfach beobachtete Leuchten von Regenwürmern von dem geäußerten Gesichtspunkte zu studieren. Indem ich auf die ausführliche Zusammenstellung der Literatur über leuchtende Regenwürmer von Matzdorff¹⁾ verweise, will ich selbst darüber nur folgendes mitteilen. Zunächst eine Beobachtung von Stein²⁾. Als der bekannte Prager Zoologe seinerzeit Mitte September abends im Kreise seiner Verwandten in der Umgebung von Potsdam von dem Meeresleuchten erzählte, meldete ein jüngeres Familienmitglied, das eben vom Brunnen des anstossenden Gartens Wasser geholt hatte, sehr erregt, dass es um den Brunnen herum ebenfalls Leuchttiere gesehen hätte. Stein hielt dies zuerst für einen Scherz, allein er überzeugte sich bald, dass die stark durchfeuchtete, den Brunnen umgebende Kiesschicht mit vielen kontinuierlich leuchtenden Stellen bedeckt war. Beim Umwühlen der Kiesschicht kamen Regenwürmer zum Vorschein, die soviel leuchtenden Schleim absonderten, dass sie nicht nur selbst an ihrer Oberfläche leuchteten, sondern auch die von ihnen berührten Gegenstände leuchtend machten.

Matzdorff wurde auf leuchtende Regenwürmer durch einen seiner Schüler aufmerksam, der sie zuerst im Jahre 1890 in einem an der nördlichen Weichbildgrenze Berlins gelegenen Garten gesehen hatte. In den folgenden Jahren konnten sie von Ende Juli bis zum Eintritt des Frostes im Oktober wieder beobachtet werden. Das Licht erinnerte an das von Lampyriden und ging von einem Schleim aus, der die Haut der Würmer und auch ihren Weg bedeckte. „Oftmals fand man, wenn man die leuchtenden Streifen und Punkte untersuchte, keine Würmer, sondern eben nur ihre Spuren. Auch bedeckten sich Stiefel, Pinzette, Hand und Glasgefäße mit der leuchtenden Absonderung, wenn die Würmer mit ihnen in Berührung gekommen waren“. Ähnliche Angaben machen auch Dugès, Cohn, Veydovsky, Giard, Hilliger und Moniez. In den meisten Fällen dürfte es sich um Regenwürmer handeln, die aus fernen Ländern mit Pflanzen eingeschleppt wurden, doch scheint das Leuchten auch bei einheimischen (*Allolobophora foetida*), wenn auch nur zeitweise und unter bestimmten Umständen vorzukommen. Ob das Leuchten der Regenwürmer eine physiologische

1) Matzdorff, Sitzungsberichte d. Gesellsch. naturf. Freunde. Jahrg. 1893. Nr. 1. p. 19—23.

2) Stein, Friedr. v., Der Organismus der Infusionstiere. III. Abt. 2. Hälfte. Leipzig 1883. p. 17.

Eigentümlichkeit darstellt, die sich nur unter gewissen Bedingungen oder nur zu bestimmten Zeiten ihres Lebens zeigt, oder ob hier auch eine Infektion durch photogene Organismen vorliegt, darüber wage ich keine bestimmte Ansicht zu äussern, da ich, obwohl ich hunderte Regenwürmer sowohl des freien Landes wie der Gewächshäuser prüfte, niemals Gelegenheit hatte, leuchtende Regenwürmer zu sehen.

F. Über das Leuchten von Kartoffeln, Rüben, Harn etc.

Schon in der älteren Literatur findet sich mehrfach die Angabe, dass auch Kartoffelknollen, sowie Rüben und Kohl im faulenden Zustande zu leuchten vermögen.

So bemerkte man¹⁾ in der Militärkaserne zu Strassburg am 7. Januar 1790 leuchtende ungekochte Kartoffelknollen.

Heller²⁾ sah Rüben und Kartoffelknollen in verwesendem Zustande leuchten, er fand die Farbe und Intensität des Lichtes so wie beim leuchtenden Holze und als Ursache bezeichnet er wieder einen Pilz, aber leider ohne etwas Genaueres darüber zu sagen.

Prof. E. Zacharias in Hamburg hatte die Güte, mir mitzuteilen, dass ihm einmal daselbst zum Speisen hergerichtete gekochte Kartoffeln in leuchtendem Zustande übersandt wurden, und dass er sie einem grösseren Publikum demonstrierte.

Es war mir nicht möglich, obwohl ich mich sehr darum bemühte, in den Besitz leuchtender Kartoffeln zu kommen, und so bin ich leider nicht in der Lage, etwas Bestimmtes darüber zu sagen. Immerhin möchte ich, namentlich auf Grund der Schilderung, die Prof. Zacharias mir von den leuchtenden Kartoffeln entwarf, der Vermutung Raum geben, dass sie in diesem Falle von leuchtendem Fleisch, also mit Leuchtbakterien infiziert worden waren. Ob bei faulenden leuchtenden Kartoffeln gleichfalls Bakterien beteiligt sind oder Fadenpilze (Hyphomyceten), die die Zersetzung der Kartoffel bedingen, bleibt noch zu untersuchen.

Bezüglich der Angaben über gelegentlich beobachtetes Leuchten von faulem Käse, Vogeleiern (wahrscheinlich verdorbenen), toten Cicaden, insbesondere aber über das Vorkommen von leuchtendem Harn und Schweiss verweise ich auf die ausführliche Literaturzusammenstellung bei Pflüger³⁾, der in sehr plausibler Weise die Ansicht begründet hat, dass es sich bei leuchtendem Harn und Schweiss um Gärungsvorgänge, hervorgerufen durch Organismen, handle.

1) Heinrich, Pl., l. c. III. Abt. p. 337.

2) Heller, F., l. c. p. 54.

3) Pflüger, E., l. c. 1875. p. 250 ff.

7) Übersicht über die bisher beobachteten leuchtenden Pilze.

Hyphomyceten.

Die Zahl der bisher bekannt gewordenen höheren Leuchtpilze ist keine grosse, ja man kann auf Grund der derzeitigen Erfahrungen die physiologische Eigentümlichkeit gewisser Pilze, Licht zu entwickeln, als eine Seltenheit hinstellen. Nichts destoweniger ist das Phänomen des Leuchtens in der Natur sehr verbreitet, da gerade einzelne Leuchtpilze, wie der Hallimasch und das Mycelium x zu den gemeinsten Pilzen unserer Wälder gehören.

Sichergestellt wurde das Leuchten bisher bei folgenden Hyphomyceten:

1. *Agaricus melleus* Vahl (Europa),
2. „ *olearius* DC. (Südeuropa),
3. „ *Gardneri* Berk. (Brasilien),
4. „ *igneus* Rumph (Amboina),
5. „ *noctilucens* Lév (Manila),
6. „ *phosphorus* Berk. (Australien),
7. „ *Prometheus* Berk. et C. N. (Hongkong),
8. „ *lampas* Berk.)
9. „ *illuminans* Berk.) (Australien),
10. *Panus incandescens* (Australien),
11. *Pleurotus candescens* (Victoria und Neu-Süd-Wales),
12. *Collybia tuberosus* Bull. (Europa),
13. „ *cirrhatu*s Pers. „
14. *Mycelium x* (Böhmen).

Folgende einheimische Hyphomyceten sollen leuchten, doch sind darüber noch genauere Untersuchungen notwendig:

1. *Trametes pini* Fr.,
2. *Polyporus sulfureus* Fr.,
3. *Polyporus citrinus* (= *caudicinus*) (Schaeff.) Schröt.,
4. *Heterobasidium annosum*,
5. *Agaricus* (*Collybia*) *longipes* Scop.,
6. *Corticium coeruleum* (Schrad.) Fr. = *Auricularia phosphorea* Sch.

Aus der Reihe der Leuchtpilze sind nach meinen Untersuchungen sicher auszuscheiden:

- Xylaria Hypoxylon* Pers.,
 „ *Cookei*.

Bakterien.

Die Zahl der bisher in der Literatur namhaft gemachten Leuchtbakterien ist bereits eine ziemlich grosse. Migula zählt in seinem System der Bakterien bereits 25 auf. Halbwegs gekennzeichnet, teilweise gut beschrieben, wurden von verschiedenen Autoren folgende Arten:

1. *Micrococcus phosphoreus* Cohn = *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch ¹⁾,
2. *Bacterium phosphorescens* Fischer,
3. " *Girardi* (Kruse) Migula,
4. " *argenteo-phosphorescens* (Katz) Mig.,
5. " *smaragdino-phosphorescens* (Katz) Mig.,
6. *Bacillus phosphorescens* Fischer,
7. " *Fischeri* (Beijerinck) Mig.,
8. " *phosphoreus* (Katz) Mig.,
9. " *argenteo-phosphorescens* Katz,
10. " *phosphoricus*,
11. " *cyaneo-phosphorescens* Katz,
12. " *photogenus* Molisch ²⁾,
13. " *luminiscens* "
14. " *gliscens* "
15. " *lucifer* "
16. *Microspira Dunbari*,
17. " *coronata* (Fischer) Mig.,
18. " *annulata* (Fischer) Mig.,
19. " *glutinosa* (Fischer) Mig.,
20. " *delgadensis* (Fischer) Mig.,
21. " *tuberosa* (Fischer) Mig.,
22. " *degenerans* (Fischer) Mig.,
23. " *luminosa* (Beijerinck) Mig.,
24. " *caraibica* (Fischer) Mig.,
25. " *papillaris* (Fischer) Mig.
26. *Pseudomonas javanica* (Eijkmann) Mig.

Gewiss werden in der Zukunft noch mehr Arten von Leuchtbakterien aufgefunden werden. Aber ebenso wahrscheinlich ist, dass manche von den angeführten Spezies sich als identisch herausstellen werden. Es wäre sehr zu wünschen, dass jeder, der sich bemüht, eine Bakterie zu beschreiben, dies mit möglichster Genauigkeit tun würde, allein es gibt

¹⁾ Eine genaue Beschreibung darüber in meiner Arbeit: Das Leuchten des Fleisches etc. Botan. Zeitg. 1903. Die Beschreibung der anderen genannten Arten vergl. bei Migula, System der Bakterien. Jena 1897.

²⁾ Die Beschreibung der vier Arten 12—15 siehe in meiner Schrift: „Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest“. l. c.

manche, die glauben, eine Bakterie beschrieben zu haben, wenn sie ihr einen Namen gegeben und mit ein paar Schlagworten eine beiläufige Charakteristik gebracht haben. Wie leichtfertig darin vorgegangen wird, mag man daraus ersehen, dass manche sich damit begnügen, eine Bakterie klein oder sehr klein zu nennen, ohne es der Mühe wert zu finden, ein bestimmtes Mass anzuführen. Wie soll man dann eine solche Bakterie wiedererkennen oder mit einer anderen identifizieren? Dem Phanerogamen-Systematiker stehen bei seinen Arbeiten gewöhnlich die Original Exemplare einer fraglichen Spezies in getrockneten Exemplaren, oft sogar von mehreren Standorten zur Verfügung, er kann eine zu bestimmende Art mit den Originalien vergleichen. Der Bakteriensystematiker hingegen befindet sich, ganz abgesehen davon, dass ihm seine Pflanzen nur wenige morphologische Eigenschaften darbieten, nicht in dieser glücklichen Lage. Wenn es sich um eine leicht zu beschaffende Art, z. B. um das *Bacterium phosphoreum* handelt, so wird man leicht die Diagnose stellen können, allein wenn irgend ein Forscher auf Java oder in Westindien eine Leuchtbakterie findet und sie beiläufig beschreibt, wie soll dann später ein Forscher über diese Bakterie ein Urteil abgeben, wenn ihm keine Original Exemplare zur Verfügung stehen? Und selbst, wenn man solche Bakterien trocken aufbewahren würde, analog wie andere Pflanzen, so würde dies nur wenig nützen, weil die biologischen Merkmale an Trockenpräparaten fehlen und die tote Zelle allein zu keiner sicheren Bestimmung führen würde. Unter diesen Umständen begreift man es, dass ein so eminenten Bakterienforscher wie Beijerinck sogar auf den Gedanken verfällt, alle Leuchtbakterien unter einem Genus *Photobacterium* zu vereinigen. Aus Bequemlichkeitsgründen könnte man sich leicht veranlasst sehen, seinem Vorschlage zu folgen, allein derartige Gründe können in der Wissenschaft doch erst in letzter Linie in Betracht kommen, zumal sich ja schon jetzt herausgestellt hat, dass die bisher bekannten Photobakterien an verschiedenen Stellen des Bakteriensystems stehen und sicher verschiedenen Gattungen angehören. Darum bin ich der Nomenklatur Migulas gefolgt, allein ich will gleich hinzufügen, dass ich dieselbe vorläufig noch als eine ganz provisorische ansehe, weil ja vielfach noch über die Gattungen ein Zweifel sein muss. Wenn z. B. eine Leuchtbakterie *Bacillus Fischeri* (Beijerinck) Mig. genannt wird, so setzt dies voraus, dass diese Bakterie nach der von Migula gegebenen Umgrenzung der Gattung *Bacillus* an ihrer ganzen Oberfläche mit Geisseln versehen ist. Allein mir scheint, dass noch kein Bakterienforscher bei der genannten Art die Geisseln gesehen hat, und ich gestehe offen, dass es mir trotz vielfacher Bemühungen bisher nicht gelungen ist, die Geisseln nachzuweisen.

Das Leuchten und die Entwicklung der Leucht- bakterien in Abhängigkeit von verschiedenen Salzen und der Temperatur

a) Salze

In der Literatur wird fast übereinstimmend erörtert, dass für das Leuchten und Gedeihen der Photobakterien ein Zusatz von Kochsalz zum Nährmedium notwendig ist. Indem man die Leuchtbakterien teilweise auf Glycerin und, erkannt man schon frühzeitig, ein Ammoniumsalz einen für das Leuchten bedeutsamen Faktor, und beobachtete auch Bacteriengrowth in einem Nährmedium etwa 1% Kochsalz, und Bacteriengrowth auch schon hervorgehoben, dass das Nährsubstrat anstatt des Kochsalzes isotonische Mengen anderer Mineralsalze enthalten kann. Auch nach Bacteriengrowth dient das Kochsalz nicht ausschliesslich als Quelle eines Nährstoffes, es ändert mit dem Wasser so zu sagen ein Lösungsmittel und kann in dieser Hinsicht durch entsprechende Mengen anderer Körper, z. B. durch Zucker, schwefelsaures Natrium und schwefelsaure Magnesia vertreten werden.

Auch bei *Bacterium phosphoreum*, das das spontane Leuchten des Fleisches der Säugethiere hervorruft, habe ich beobachtet, dass es sich auf Fleischpepton-agar mit einem Kochsalzzusatz verwendete, nicht entwickelt und auch nicht leuchtet. Da es aber auf alkalisch

1. Bacteriengrowth, I. V., de *Photobacterium luminescens*, bacterie lumineuse de la mer du nord. Archiv. international de bacteriologie, 1889, p. 2 des Separatabdruckes.

2. Bacteriengrowth, de la production de la phosphorescence de la viande par le *Photobacterium phosphoreum*. Extra. des Annales de la societe lumineuse de Lyon, 1889, 1890, 1891.

gemachten Kartoffelscheiben ohne Kochsalz sehr schön wuchs und brillant in grünlichem Lichte leuchtete, so wurde ich dadurch aufmerksam gemacht und zur Frage gedrängt, ob nicht das Kochsalz unter Umständen durch andere Körper überflüssig gemacht werde. Zwar folgt dies aus der Entwicklung des Pilzes auf ungesalzenen Kartoffeln und rohem Fleisch nicht ohne weiteres, denn bekanntlich enthalten sowohl Kartoffeln als auch Fleisch relativ viel Chloride und vielleicht sind diese die Ursache davon, dass die genannte Bakterie auch ohne Kochsalzzusatz auf den beiden Substraten wächst. Da weder Beijerinck noch Dubois über die Vertretbarkeit des Kochsalzes durch andere Mineralsalze genauere Versuche mitteilen, so stellte ich selbst eine Reihe von Experimenten an, die ich hier im folgenden anführe.

1. Versuche mit *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch.

Als Nährsubstanz diente folgendes Gemisch:

1000 g H_2O
 $\frac{1}{4}$ g $MgSO_4$
 $\frac{1}{4}$ g K_2HSO_4
10 g Pepton
20 g Zucker
100 g Gelatine.

Diese Zuckerpeptongelatinelösung wurde mit Normalnatronlauge schwach alkalisch gemacht.

Es empfahl sich, für meine Versuche ein Nährsubstrat zu verwenden, dessen Zusammensetzung genau bekannt war. Zwar gedeiht das *Bacterium phosphoreum* besser auf einer Fleischsaftpéptongelatine, allein die Zusammensetzung des Fleischsaftes ist eine so komplizierte und wenig definierbare, dass ich es vorzog, das angegebene Nährsubstrat zu verwenden. Dasselbe enthält von organischen Substanzen Pepton, Zucker und Gelatine und von Mineralsalzen das, was notwendig war. Von Ca wurde abgesehen, da es sich nach meiner Untersuchung für niedere Pilze nicht als notwendig erwies¹⁾, Eisen²⁾ war gewiss in Spuren als Verunreinigung vorhanden, das Gleiche konnte auch von anderen Elementen wie Na, Ca angenommen werden. All diese und andere Verunreinigungen hätten dann störend gewirkt, wenn das Nährsubstrat für sich allein schon Gedeihen des Pilzes hervorgerufen hätte, das war aber nicht der Fall.

¹⁾ Molisch, H., Die mineralische Nahrung der Pilze. Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad. Bd. CIII. Abt. I. 1894. p. 554.

²⁾ Über die Notwendigkeit des Eisens für Pilze, vergl. mein Buch: Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892. p. 97.

Die erwähnte Nährgelatine wurde, nachdem sie mit entsprechenden Salzen, deren Einfluss auf Wachstum und Lichtentwicklung der Bakterie geprüft werden sollte, versetzt, wenn notwendig wieder gleichmässig stark alkalisch gemacht und für Strichkulturen hergerichtet.

Von jeder Art der Eprovetten wurden je zwei dem Versuche unterworfen. Nach der Impfung stellte ich sämtliche Proberöhrchen in einem Zimmer bei etwa 13—16° C. finster auf. Beginn des Versuchs am 14. Februar 1902.

Nähr- substrat	Bacterium phosphoreum						Anmerkung
	Datum						
	15. Februar		18. Februar		28. Februar		
	Ent- wicklung	Leuchten	Ent- wicklung	Leuchten	Ent- wicklung	Leuchten	
ohne Zusatz	keine	kein	fast keine	kein	sehr schwache	kein	In den JK-Lösungen waren Entwicklung und Leuchten bei 3% Zusatz am intensivsten.
+ ClNa 3%	gute	starkes	gute	starkes	gute	mässig starkes	
+ ClK „	gute	sehr starkes	gute	sehr starkes	gute	starkes	
+ Cl ₂ Mg „	sehr gute	starkes	sehr gute	starkes	sehr gute	mässig starkes	
+ Cl ₂ Ca „	schwache	schwaches	gute	mässig starkes	gute	mässig starkes	
+ JK 1/2%	keine	keines	keine	keines	fast keine		
+ JK 1%	keine	keines	schwache	?	schwache	?	
+ JK 2%	mässig	starkes	mässig starke	starkes	mässig starke	starkes	
+ JK 3%	mässig	starkes	mässig starke	sehr starkes	sehr starke	starkes	
+ KNO ₃ „	gute	sehr starkes	gute	sehr starkes	gute	starkes	
+ MgSO ₄ „	sehr gute	kein	sehr gute	sehr schwaches	sehr gute	kein	Der grosse Gehalt an Dikaliumphosphat bedingt eine schwache Verflüssigung der Gelatine.
+ KSO ₄ „	gute	starkes	sehr gute	starkes	sehr gute	mässig starkes	
+ K ₂ HPO ₄ „	keine	kein	fast keine	sehr schwaches	fast keine	kein	
+ MnSO ₄ „	keine	kein	keine	kein	keine	kein	

Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich für unsere Bakterie:

1. In dem Nährsubstrat von der angegebenen Zusammensetzung ohne weiteren Zusatz entwickelt sich das Bakterium fast gar nicht und dementsprechend ist auch die Lichtentwicklung eine äusserst schwache.

2. Nicht bloss das ClNa sondern alle versuchten Chloride (ClNa , ClK , MgCl_2 , CaCl_2) ermöglichen Vermehrung und Lichtentwicklung, ClK ruft sogar noch stärkeres Leuchten hervor als ClNa .

3. Abgesehen von den Chloriden können auch andere Salze Wachstum und Leuchten veranlassen, so Kaliumnitrat, Jodkalium und Kaliumsulfat, ja ich habe sogar den Eindruck gewonnen, dass der Kalisalpeter ein stärkeres Leuchten bedingt als Chlorkalium.

4. In der Regel geht kräftige Vermehrung mit starker Lichtentwicklung Hand in Hand, das MgSO_4 bildet jedoch darin eine Ausnahme, denn dieses bedingt ein sehr starkes Wachstum, aber nur ein sehr schwaches Leuchten.

5. Der Reihenfolge nach leuchten am stärksten die Kulturen mit KNO_3 und ClK , sodann kommen die mit ClNa , JK und MgCl_2 und endlich die mit K_2SO_4 . Kein oder fast kein Leuchten rufen hervor MgSO_4 und K_2HPO_4 , MnSO_4 hemmt jede Entwicklung.

2. Versuche mit *Bacillus photogenus* Molisch.

Der Lichterreger des Schlachtviehfleisches, das *Bacterium phosphoreum* ist kein mariner Pilz. Er liebt zwar Kochsalz, aber da er normal nicht auf Seetieren vorkommt sondern auf dem Fleisch unserer Haustiere, so war es immerhin noch möglich, dass die behauptete Notwendigkeit des ClNa für photogene Meeresbakterien zu Recht besteht.

Ich machte daher mit einer Leuchtbakterie, *Bacillus photogenus*, den ich von Seefischen aus dem Hafen von Triest (*Gobius Sozo* etc.) rein abgezüchtet hatte, eine der eben mitgeteilten gleiche Versuchsreihe. Beginn derselben am 3. März 1902.

Nähr- substrat	Bacillus photogenus Molisch				Anmerkung
	Datum				
	7. März		9. März		
	Ent- wicklung	Leuchten	Ent- wicklung	Leuchten	
ohne Zusatz	keine	kein	keine	kein	9. März. Gel. wird lang- sam verflüssigt ¹⁾ .
+ Cl Na 3%	sehr gute	starkes	sehr gute	starkes	
+ Cl K "	" "	"	" "	mässig starkes	
+ Cl ₂ Mg "	" "	"	" "	mässig starkes	
+ Cl ₂ Ca "	" "	schwaches	" "	starkes	Das Phosphorsalz be- dingt ein Herabfließen der Gelatine.
+ Mg SO ₄ "	" "	mässig starkes	" "	sehr schwaches	
+ K ₂ SO ₄ "	gute	mässig starkes	gute	sehr schwaches	
+ K ₂ HPO ₄ "	keine	kein	keine	kein	
+ JK 1/2 %	"	"	schwache	sehr schwaches	
+ JK 1 %	schwache	"	gute	kein	
+ JK 2 %	gute	schwaches	"	schwaches	
+ JK 3 %	"	"	"	"	
+ Mn SO ₄ "	sehr gute	"	sehr schwache	"	
+ KNO ₃ "	" "	"	sehr gute	"	

Es zeigte sich also auch hier, dass auf dem Stammsubstrat allein weder Wachstum noch Leuchten erfolgt, dass ein Zusatz von ClNa, wie zu erwarten war, Entwicklung und Lichterregung hervorruft, dass aber auch bei dieser photogenen Meeresbakterie das ClNa durch viele andere Salze vertreten werden kann. Alle verwendeten Chloride: ClNa, ClK, Cl₂Mg und Cl₂Ca, ferner auch Nicht-Chloride wie JK, K₂SO₄ und MgSO₄ ermöglichen Wachstum und Leuchten, wenn auch nicht immer in demselben Grade wie bei *Bacterium phosphoreum*. Während z. B. bei diesem KNO₃ die stärkste Lichtentwicklung bedingte, war das bei

¹⁾ Die Verflüssigung in den Eprouvetten mit ClK, K₂HPO₄ und KNO₃ zeigt deutlich, wie diese nicht bloss von der Bakterie, sondern auch von der Zusammensetzung des Substrates und zwar hier von der Anwesenheit gewisser Salze abhängig ist.

Bacillus photogenus nicht der Fall, hier wirkte ClNa am besten, während KNO_3 in seiner Wirkung bei weitem bezüglich der Lichtentwicklung zurückstand.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte es scheinen, als ob das ClNa hier die Rolle eines Nährmittels spiele und dass dasselbe hier in seiner Bedeutung als Nährstoff durch andere Chloride, ja sogar durch Salze von ganz anderer Zusammensetzung ersetzt werden könne. Dies würde aber unseren bisherigen, auf Grund sorgfältiger Versuche gewonnenen Anschauungen widersprechen: „Alle hierher gehörigen Erfahrungen überschauend“ — sagte ich seinerzeit in Rücksicht auf meine Ernährungsversuche mit Algen und Pilzen — „leugne ich zwar nicht die Möglichkeit, dass bei der Ernährung der Pflanze manche Elemente durch nahe verwandte partiell ersetzt werden können, ja ich konnte sogar dartun, dass bei gewissen Algen und bei höheren Phanerogamen Strontiumverbindungen Calciumverbindungen eine Zeitlang tatsächlich vertreten können, aber ich halte es nach dem derzeitigen Stand unseres Wissens für höchst unwahrscheinlich, dass ein Nährelement der Pflanze durch ein verwandtes vollends ersetzt zu werden vermag“¹⁾.

Die zur Stammlösung zugesetzten Salze spielen hier nicht die Rolle notwendiger Nährelemente, es geht dies meiner Ansicht nach schon aus der Tatsache hervor, dass in dem Stammsubstrat, obwohl sich darin $\frac{1}{4}$ g MgSO_4 pro Liter vorfindet, keine Entwicklung erfolgt, dass aber eine solche sich sofort einstellt, wenn 3% dieses Salzes zugesetzt werden. Bei den sehr kleinen quantitativen Ansprüchen auf Mineralsalze und speziell auf das Magnesiumsalz würde der Pilz sicher mit 0,025% sein Auslangen finden, wenn er daher erst nach Zusatz von 3% SO_4Mg wächst, so ist das wohl nicht so zu erklären, dass er soviel Salz zu seiner Ernährung bedarf, sondern wir sind auf Grund von Erfahrungen zur Annahme gezwungen, dass das Salz als osmotischer Faktor eine Rolle spielt, weil es das Nährsubstrat mit dem Zellinhalt der Bakterie mehr minder isosmotisch macht.

Das *Bacterium phosphoreum* lebt auf einem sehr aschereichen Substrat, auf Fleisch²⁾ und dessen Saft, die Meeresbakterien leben gleichfalls in einem salzreichen Medium, nämlich im Meerwasser, das ja neben anderen Salzen für gewöhnlich etwa 2,7% ClNa enthält. Daher erscheint es begreiflich, dass Meeresalgen in süßes Wasser gebracht, absterben,

1) Molisch, H., Die Ernährung der Algen (Süßwasseralgen, II. Abhandl.). Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad. Bd. CV. Abt. I. 1896. p. 16 des Sonderabdrucks.

2) Über den relativ grossen Aschenreichtum des Muskelfleisches vergleiche die sorgfältige Arbeit von Katz, J., Die mineralischen Bestandteile des Muskelfleisches. Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 63. 1896.

und dass Leuchtbakterien, die ja fast durchwegs Meeresbewohner sind, auf unserer Stammlösung ohne Salzzusatz nicht gedeihen. Die photogenen Bakterien haben sich eben an relativ salzreiche Medien angepasst und die Salze, allen voran das Kochsalz, machen das Wasser isosmotisch mit dem Zellinhalt und ermöglichen so das Gedeihen. Dies ist der Grund, warum die Photobakterien des Meeres einen dem Meerwasser entsprechenden Kochsalzzusatz erheischen und warum dieser durch andere Salze von ganz verschiedener Zusammensetzung vertreten werden kann, wenn sie nur in solchen Mengen geboten werden, dass hiedurch das Nährsubstrat mit dem Zellinhalt isotonisch wird.

b) Temperatur.

Anschliessend mögen hier noch einige Bemerkungen über Beziehungen zwischen Temperatur, Leuchten und Wachstum Platz finden.

Was zunächst die Leuchtbakterien anbelangt, so kann man wohl sagen, dass sie sich hierin sehr verschieden verhalten: dass die Photobakterien der Tropen höhere Temperaturen vorziehen, bei solchen wachsen und leuchten, dass hingegen die Leuchtbakterien der heimischen Flora gewöhnlich auf relativ niedrige Temperaturen gestimmt sind und bei niedriger Temperatur intensiver und andauernder leuchten. Hohe Temperaturen in der Nähe der oberen Temperaturgrenze des Wachstums schädigen im allgemeinen das Leuchtvermögen, während niedrige Temperaturen ganz gut vertragen werden. Eijkmann¹⁾ konstatierte, dass das von ihm auf den zu Batavia zu Markte kommenden Fischen aufgefundene Leuchtbacterium *Pseudomonas javanica* (Eijkmann) Migula hohe Temperaturen liebt. Bei 10° C. wachsen die Kulturen überhaupt nicht mehr. Ihr Wachstumsoptimum liegt bei 28—38°, Lichtentwicklung findet statt zwischen — 20 und + 45°, unter 10° und über 40° leuchtete sie schwach, am stärksten zwischen 25—33°.

Bei *Photobacterium indicum* Beijer. liegt nach Beijerinck das Optimum für Wachstum und Lichtproduktion bei 30—32°, bei *Ph. luminosum* Beijr., einer Bakterie der Nordsee, bei 25—28°²⁾.

1) Eijkmann, C., Lichtgevende Bacterien. Jaarverslag van het Laboratorium voor pathologische Anatomie en Bacteriologie te Weltevreden over het Jaar 1891. Overgedrukt uit het Geneeskundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië. Deel XXXII. Aflevering 4. Batavia en Noordwijk 1892. p. 109—115. Ein Referat darüber Zentralblatt f. Bact. etc. XII. Bd. 1892. p. 656—657.

2) Beijerinck, M. W., Le *Photobacterium luminosum*, bactérie lumineuse de la mer du nord, Archiv Néerlandaises T. XXIII. 1889. p. 401—415.

Bei *Bacterium phosphorescens* beobachtete Lehmann¹⁾ noch bei 0,1° durch mehrere Tage eine schwache Lichtentwicklung.

Von Interesse sind die Beobachtungen Forsters²⁾, der als erster zeigte, dass eine von ihm von Seefischen (Butten) abgezüchtete Leuchtbakterie bei 0—20° gleich gut leuchtet, von 32° an aufhört, Licht zu geben, und dass sie noch im Eisschranke bei 0° ganz gut zu wachsen vermag.

Bei *Bacterium phosphoreum*, das auf Fleisch in Eiskellern lebt, fand ich³⁾ das Wachstumsminimum noch etwas unter Null, das Optimum bei etwa 16—18° und das Maximum bei etwa 28°. Eine Einwirkung der Temperatur von 30° durch 48 Stunden auf Gelatinekulturen tötet bereits die Bakterie. Lichtentwicklung beobachtete ich zwischen — 5 und 28°. Bei 5 bis 20° ist die Lichtproduktion am stärksten.

Heller⁴⁾ bemerkte bereits, dass das Leuchten seiner *Sarcina*, die ja nichts anderes als ein Sammelname für Leuchtbakterien war, selbst im Eise und zwar noch bei recht niedriger Temperatur (— 14° R.) fort-dauerte.

In der Tat kann man sich mittelst des *Bacterium phosphoreum* und anderen Leuchtbakterien leicht leuchtendes Eis verschaffen.

Das Mycelium x sah ich bei Kultur auf Brot zwischen — 1 und 34° C. leuchten. Bei diesen Grenztemperaturen ist das Licht schwach, bei 36° erlischt es ganz, bei Zimmertemperatur (15—25° C.) fand ich es am stärksten.

1) Lehmann, K. B., Studien über *Bacterium phosphorescens*. Zentralbl. f. Bakteriologie etc. Bd. V. 1889. Nr. 24.

2) Forster, J., Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie etc. 1887. 1. Jahrg. II. Bd. p. 337. Derselbe, Über die Entwicklung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Ebenda. XII. Bd. 1892. p. 431.

3) Molisch, H., Über das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 15.

4) Heller, F., l. c. p. 248.

V.

Ernährung, Leuchten und Wachstum.

Über die Beziehungen zwischen Nährmittel, Luminiszenz und Wachstum der Bakterien verdanken wir Beijerinck umfassende und höchst interessante Untersuchungen¹⁾. Das Prinzip seiner Untersuchungsmethode bestand im wesentlichen darin, dass Photobakterien in grosser Zahl mit einer ungenügend zusammengesetzten Nährmasse zusammengebracht wurden, die nur einige notwendige Nährstoffe enthielt, und durch Hinzufügen anderer wurde gezeigt, ob diese letzteren Leuchten und Wachstum hervorriefen. Derartige Versuche wurden mit Nährflüssigkeit oder mit Gelatinekulturen gemacht, die letzteren eignen sich besser, weil man mit ihrer Hilfe Wachstum und Luminiszenz gut beurteilen kann, während die Beurteilung der Vermehrung der Bakterien in einer Flüssigkeit auf Schwierigkeiten stösst. Beijerinck versieht die Gelatine, in der ein Nährstoff im Überfluss vorhanden ist, mit einer sehr grossen Zahl von Bakterien und giesst auf Platten aus. Ausgebreitet in dünner Schicht beginnt die Kultur alsbald intensiv zu leuchten. Aber nach einiger Zeit hört das Leuchten und das Wachstum auf, da der früher überschüssige Nährstoff nicht mehr in genügender Menge zur Verfügung steht. Bringt man nun auf die Gelatine jene Substanzen, deren Einfluss auf das Leuchten und Wachstum geprüft werden soll, so lösen sie sich und diffundieren in einem Kreissefeld nach allen Richtungen. Ist die zugefügte Substanz ein Lichtnährmittel, so

¹⁾ Beijerinck, M. W., Over lichtvoedsel en plastisch voedsel van Lichtbacteriën. Overgedrukt uit de Verslagen en Mededeelingen der K. Akad. van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde. 2de Reeks, Deel VII. 239—302. 1890. Derselbe, Sur l'aliment photogène et l'aliment plastique des bactéries lumineuses. Extrait des Archiv. Néerlandaises. T. XXIV. p. 369—442.

sieht man manchmal schon nach wenigen Sekunden das Diffusionsfeld aufleuchten. Ist das Nährmittel geeignet, Wachstum und Bakterienvermehrung zu unterhalten, so ruft es nicht bloss ein Lichtfeld, sondern auch ein Wachstumsfeld, ein „Auxanogram“ hervor, charakterisiert durch unzählige Bakterienkolonien, die sich im Diffusionsfeld viel stärker entwickeln als ausserhalb desselben. Beijerinck nennt einen solchen Nährstoff einen „plastischen“. Ein Lichtstoff ist stets ein plastischer, aber nicht umgekehrt. Daraus folgt die wichtige Tatsache, dass die Lichtentwicklung bei den Leuchtbakterien weder an das Wachstum noch an die Atmung notwendig gebunden ist.

Photobacterium phosphorescens und Ph. Pflügeri besitzen nach Beijerinck das Vermögen, Glykose und Levulose unter Entwicklung fast gleicher Mengen von Kohlensäure und Wasserstoff zu vergären. Dieses Vermögen ist gebunden an die Gegenwart von Pepton und Sauerstoff. Sowie der Sauerstoff verschwunden ist, hört die Gärung und die Lichtentwicklung auf, Wachstum soll aber noch ohne ihn von statten gehen.

Beijerinck benützte bei seinen auxanographischen Versuchen mit *Photob. phosphorescens* eine Fischabkochung im Meerwasser mit 1% Pepton und 2% Glycerin. Hierin wachsen die Bakterien sehr gut, nach 2—3 Tagen bildet sich bei 15° C. eine graulichgelbe Bakterienmasse, die sich in Meerwasser oder Gelatine leicht verteilen lässt. Glycerin und Asparagin, der Fisch-Meerwasser-Pepton-Gelatine zugesetzt, fördern das Wachstum und es entsteht damit ein schön leuchtendes Material. Gut hergerichtete Bakterienfelder reagieren mit erstaunlicher Feinheit. Gewisse Substanzen, allen voran Levulose und Glykose machen das Terrain schon nach wenigen Sekunden aufleuchten. Die Photobakterien reagieren hier auf so minimale Quantitäten von Stoffen, dass Beijerinck in dieser Reaktion ein Analogon der Bunsenschen Flammenreaktion erblickt, ja in gewissem Sinne ist die Bakterienreaktion noch vorteilhafter, weil sie viel länger dauert.

Die mit *Photobacterium phosphorescens* und Ph. Pflügeri von Beijerinck durchgeführten Ernährungsversuche haben zunächst als Hauptresultat ergeben: Sowohl Wachstum als auch Lichtentwicklung erfordern die gleichzeitige Anwesenheit eines peptonartigen Körpers, der den notwendigen Stickstoff zu liefern hat, und noch einer kohlenstoffhaltigen Verbindung, die nicht stickstofffrei zu sein braucht. Pepton allein für sich ermöglicht weder Leuchten noch Wachstum und ebenso verhalten sich die Amide,

die Ammoniaksalze der organischen Säuren, da ihr Stickstoff nicht assimilierbar ist. In Verbindung mit Pepton können alle genannten Stickstoff-Verbindungen Wachstum und Leuchten hervorrufen.

Während Photobacterium Fischeri und Ph. balticum sich im grossen und ganzen ebenso verhalten, erfordern Ph. luminosum und Ph. indicum zu ihrer vollständigen Ernährung nur Pepton oder eiweissartige Körper, die sie mittelst ihrer proteolytischen Enzyme zu peptonisieren vermögen. Beijerinck nennt sie daher Peptonbakterien, im Gegensatz zur vorhergehenden Gruppe, die er als Peptonkohlenstoffbakterien bezeichnet.

Wenn man den Peptonbakterien neben Pepton noch andere organische Körper zur Verfügung stellt, z. B. Rohrzucker, Milchzucker, Levulose, Maltose oder Glykose, so schädigen sie, indem sie zur Produktion von Säuren Veranlassung geben und das Substrat sauer machen, sowohl das Wachstum als auch die Lichtproduktion. Ähnlich scheint Glyzerin zu wirken, während Asparagin in kleinen Mengen zugesetzt, die Lichtentwicklung fördert.

Von Interesse erscheint, dass nach Beijerinck alle Leuchtnährstoffe mit Ausnahme des Peptons nach einiger Zeit ein Aufhören des Leuchtvermögens hervorrufen, da die Bakterien aus den assimilierbaren Lichtnährstoffen Säuren bilden. Stumpft man mit Soda ab, so tritt die Lichtentwicklung wieder auf.

Die zu den Peptonbakterien gehörigen Arten Photobacterium indicum und Ph. luminosum leuchten sehr gut bei Kultur in Meerwasser mit 1–2% Handelspepton oder in Fischextrakt mit $\frac{1}{2}$ % Pepton. Beijerinck konnte, indem er zu den Kulturen von Photobacterium luminosum und Ph. indicum etwas Asparagin, Levulose, Glykose oder Rohrzucker hinzufügte, eine erhebliche Steigerung der Luminiszenz erzielen, doch darf der Zusatz nur in kleinen Mengen (etwa $\frac{1}{10}$ %) erfolgen.

Beijerinck hat in Verbindung mit Dr. Wijsman eine grosse Anzahl organischer Körper in ihrer Einwirkung auf Photobakterien geprüft und ist dabei zu sehr beachtenswerten Resultaten gelangt. Da das vorliegende Buch neben meinen eigenen Studien eine Zusammenfassung aller wichtigeren einschlägigen Erfahrungen geben soll, so will ich die Tabelle Beijerincks, die seine Ergebnisse übersichtlich vor Augen führt, hier wiedergeben.

Einwirkung verschiedener Stoffe auf das Leuchten und das Wachstum von Photobacterium phosphorescens.

	Leuchtstoffe Diffusionsfelder leuchtender als der Grund	Wirkungslose Stoffe Diffusionsfelder gleich dem Grund. Keine Wuchsfelder	Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund. Keine Wuchsfelder
1. Kohlehydrate, Glykoside und Alkohole	Glykose Galaktose Lävulose Maltose Glyzerin	Stärke Inulin Glykogen Erythrogranulose Maltodextrin Leukodextrin Amylodextrin Arabinose Raffinose Rohrzucker Milchzucker Dulcit Mannit Quercit Erythrit Amylalkohol Äthylalkohol Glykol Amygdalin Arbutin	Sorbin
2. Organische Säuren u. ihre Salze (nicht aromatisch)	Milchsäure (sehr schwach) Calcium-, Natrium-, Kaliumlaktat (sehr schwach) Bernsteinsaurer Kalk Äpfelsäure Natriummalat Rechts weinsaurer Kalk Linksweinsaurer Kalk Inaktives Ammoniumbimalat Magnesiumbimalat Glyzerinsäure Glyzerinsaurer Kalk	Zitronensäure Schleimsäure Oxalsäure Ammoniumoxalat Ammoniumbioxalat Glykolsäure Glykolsaurer Kalk Formiate Acetate Butyrate Weinsteinsäure Weinsteinsaurer Kalk Traubensäure Seignettesalz (links)	Weinsteinsaures Ammoniak Ameisensäure Essigsäure Propionsäure Buttersäure

Leuchtstoffe		Wirkungslose Stoffe	Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe
Diffusionsfelder leuchtender als der Grund		Diffusionsfelder gleich dem Grund Keine Wachsfelder	Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund Keine Wachsfelder
3.			
Amide und Verwandtes	Asparaginsäure	Glykokoll	
	Asparagin	Kreatin	
	Alanin	Sarcin	
	Glykosamin	Allantoïn	
		Gaurin	
		Nearin	
		Leucin	
		Harnsäure	Urée
		Alloxan	
		Taurin	
4.			
Aromatische Körper		Lophin	Vanillin
		Hydrobenzamid	Hydrocinnamidsäure
		Amarin	Resorcin
		Benzaldehyd	Pyrogallol
		Saligenin	Salizylsäure
		Gerbsäure	
		Tyrosin	
		Phlorogluzin	
		Saccharin	
		Chininsaurer Kalk	
		Benzoësäure	
5.			
Eiweißstoffe		Kasein	
		Globulin	
		Fibrin	
		Albumin	
6.			
Verschiedenartige Stoffe		Cholesterin	Trimethyloxyd
		Fett	Cyankalium
		Aldehyd	Ferrocyankalium
		Äthylacetat	Äther
			Chloroform
			Schwefelkohlenstoff
			Schwefelwasserstoff
			Schwefelammonium

	Leuchtstoffe Diffusionsfelder leuchtender als der Grund	Wirkungslose Stoffe Diffusionsfelder gleich dem Grund. Keine Wuchsfelder	Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund. Keine Wuchsfelder
7. Enzyme		Maltase Dextrinase Ptyalin Diastase Pankreasdiastase Invertin Lactase Pepsin Trypsin	

Das photogene Vermögen der organischen Säuren ist abgesehen von der Asparaginsäure schwach oder Null, da sie das Substrat sauer machen und die Lichtbakterien Säuren nicht gut vertragen. Bemerkenswert ist ferner, dass Stoffe wie Lophin, Amarin, Trimethyloxyd, Cholesterin und andere, welche nach Radziszewski unter bestimmten Bedingungen bei gewöhnlicher Temperatur selbst Licht entwickeln, auf das Leuchten der Bakterien keinen Einfluss nehmen. So verhalten sich auch die Fette, es sei dies hervorgehoben, weil oft behauptet wird, das Leuchten vieler Tiere beruhe auf der Oxydation von Fetten.

Anwendung der Leuchtbakterien zur Untersuchung von Enzymen.

Der Umstand, dass Photobacterium phosphorescens mit Maltose Licht gibt, das Ph. Pflügeri aber nicht, benützt Beijerinck in geistreicher Weise zur Lösung schwieriger physiologisch chemischer Fragen, die mit der gewöhnlichen chemischen Methode nicht lösbar sind. Er weist z. B. Spuren von Maltose beziehungsweise von Diastase in folgender Weise nach. Er nimmt ein gut aufgekochtes Gemisch von Meerwasser mit 8% Gelatine, 1% Pepton und $\frac{1}{4}$ % Kartoffelstärke. Zu einer Portion davon fügt er einen Überschuss von Ph. phosphorescens, zu einer anderen einen solchen von Ph. Pflügeri und erhält nach dem Erstarren gleichmässig leuchtende Gelatineplatten, in welchen die Stärke,

da diese Bakterien keine diastatischen Enzyme ausscheiden, unverändert bleibt. Bringt man nun auf die Platten verschiedene Diastasepräparate (Maltase, Pankreasdiastase, Ptyalin etc.), so diffundieren sie nach allen Seiten, verzuckern die Stärke und es erscheinen alsbald auf dem *Photobacterium phosphorescens*-Grunde stark leuchtende Flecken, denen später entsprechende Wuchsfelder folgen, während auf dem Pflügeri-Grund davon nichts zu bemerken ist. Das *Photobacterium phosphorescens* zeigt demnach durch vermehrte Lichtproduktion die Gegenwart der Maltose bzw. von Diastase an.

Um die von Spaltpilzen und Hefepilzen ausgeschiedenen invertierenden Enzyme nachzuweisen, lässt Beijerinck auf mit *Photobacterium phosphorescens* besäter Seewassergelatine, die infolge von mangelnden Kohlenstoffverbindungen zu dunkeln beginnt, Diffusionsfelder von Rohrzucker, Raffinose und Milchzucker entstehen und bringt darauf Striche von Mikroben an. Sie bilden aus dem Zucker Invertzucker und dieser macht die Diffusionsfelder aufleuchten. Wird derselbe Versuch mit *Sacharomyces Kefyr*, *S. cerevisiae* und *S. ellipsoideus* durchgeführt, so entstehen mit Kefyrhefe, weil sie ein invertierendes Enzym ausscheidet, in allen Zuckerfeldern Lichtfelder, hingegen bei Verwendung der beiden anderen Spezies zwar in dem Rohrzucker- und Raffinosegrund nicht aber in dem vom Milchzucker, da ihr Invertin den Milchzucker nicht zu invertieren vermag.

Das Trypsin, bekanntlich das Eiweissferment des Pankreas, peptonisiert die Gelatine und macht daraus Leuchtstoffe. Viele Peptonbakterien und im speziellen die Pepton-Leuchtbakterien, wie z. B. *Ph. indicum* wirken genau so, woraus Beijerinck schliesst, dass diese Bakterien dasselbe oder ein nahverwandtes Enzym absondern.

Kulturen von *Ph. indicum* in Gelatine werden daher stark leuchtend, indem sie Trypsin ausscheiden, die Gelatine verflüssigen und daraus Leuchtstoffe erzeugen. Genau den gleichen Effekt erzielt man, wenn man der Kultur Trypsin hinzufügt.

Anschliessend daran möchte ich eine Beobachtung hier mitteilen, die ich oft zu machen Gelegenheit hatte und die ohne Zweifel mit den von Beijerinck festgestellten Tatsachen im innigsten Zusammenhange steht. Eine Platte von Salzpeptongelatine mit sehr vielen dichtgelagerten Kolonien von *Bacterium phosphoreum* leuchtet in den ersten Tagen sehr stark, dann beginnt die Kultur wegen Mangels an Leuchtnahrung zu erlöschen. Öffnet man jetzt die Schale auf einige Minuten, so dass Luftkeime hineinfallen, so entwickeln sich gewöhnlich in den folgenden Tagen kleine isolierte Räschen von *Penicillium*, *Aspergillus* und Kolonien

verschiedener Bakterien. Im Finstern betrachtet erscheint jeder Rasen und fast jede Kolonie samt ihrer nächsten Umgebung als ein intensives Lichtfeld auf dunklem Grunde. Penicillium und die anderen genannten Pilze peptonisieren die Gelatine und verändern damit das Substrat derart, dass Lichtnahrung entsteht, die in die Bakterien eindringt und hier Lichtentwicklung ermöglicht. Den Lichtfeldern folgen dann häufig Wuchsfelder. Also nicht bloss Spalt- und Hefepilze sondern auch höhere Pilze vermögen die Leuchtkraft der Photobakterien zu beeinflussen, indem sie durch bestimmte Veränderungen des Substrates geeignete Bedingungen zum Leuchten schaffen.

VI.

Über das Wesen des Leuchtprozesses bei den Pflanzen.

1. Das Leuchten beruht auf einer Oxydation.

Schon zu einer Zeit, da das Leuchten des faulen Holzes und toter Tiere noch gar nicht als biologischer Vorgang erkannt war, nahm man vielfach eine Beziehung zwischen der Lichtentwicklung und der atmosphärischen Luft an.

Bereits Boyle¹⁾ gibt an, dass leuchtende Fische im Vakuum der Luftpumpe erlöschen, bei Zutritt von Luft aber wieder zu leuchten beginnen.

Eine innige Beziehung zwischen Leuchten und atmosphärischer Luft nehmen auch Scherer und Ossian²⁾ an, ebenso spricht Gärtner³⁾ zur selben Zeit die Meinung aus, dass die Lichtentwicklung des faulen Holzes und toter Fische mit dem Atmungsprozesse der Tiere Ähnlichkeit habe.

Bei Heinrich findet sich der aus Versuchen abgeleitete Satz: „Soll das Leuchten des Holzes von Anfang bis zu Ende seinen ordentlichen Gang halten, so ist Dasein und Erneuerung atmenbarer Luft schlechterdings notwendig.“ Und an anderer Stelle: „Das freiwillige Leuchten des Holzes ist ein äusserst schwaches, und in einem Minimum atmenbarer Luft noch vor sich gehendes Verbrennen“⁴⁾.

1) Bericht über Boyles Versuche aus den Philosoph. Transactions Bd. II. 1667 in D. Lorenz Crells Chem. Archiv Bd. I. p. 15 (1788).

2) Scherers Journal d. Chemie 1799. p. 589.

3) Gärtner, D. C. F., Bemerkungen und Versuche über das leuchtende faule Holz in Scherers allgem. Journal. Bd. III. p. 27.

4) Heinrich, l. c. p. 336 und 341.

Wird ein leuchtender Fisch auf einem gewöhnlichen Reibeisen zu einer feinen Masse verrieben und lässt man sie $\frac{1}{2}$ bis 1 Tag an der Luft ausgebreitet liegen, so wird sie in hohem Grade leuchtend. Verteilt man nun den Brei im Wasser, so kann man sich leicht überzeugen, dass beim Schütteln des Gefässes die Intensität des Lichtes zunimmt. Es erscheinen bei diesem Versuche, den zuerst Heller¹⁾ gemacht hat, „helleuchtende Wellen ganz so, wie das Phänomen des Leuchtens des bewegten Meeres sich uns zeigt.“ Auffallenderweise meint Heller, dass die Bewegung als solche das Leuchten fördert, dem Sauerstoff schreibt er dabei eine mehr nebensächliche Rolle zu, da er beim Schütteln des Gefässes keine Luftblasen durch die aufleuchtende Flüssigkeit treten sah.

Dagegen hat Pflüger²⁾ durch Versuche dargetan, dass schon sehr kleine Mengen von Sauerstoff dazu ausreichen, um das Leuchten zu verstärken. Auch hat er gezeigt, dass der Versuch von Pfaff u. a., bei dem es gelang, Seewasser durch den elektrischen Strom leuchtend zu machen, im Grunde genommen durch den am positiven Metallpole entwickelten Sauerstoff seine Erklärung findet.

Die feinsten Versuche über die Abhängigkeit des Leuchtens vom Sauerstoff verdanken wir Beijerinck³⁾. Er hat gezeigt, dass *Photobacterium indicum* und *Ph. luminosum* für Spuren von freiem Sauerstoff ein empfindlicheres Reagens abgeben als Natriumhydrosulfit oder Indigweiss und er glaubt aus seinen Experimenten schliessen zu können, dass der freie, dem Leuchtprozess dienende Sauerstoff in der lebenden Substanz nicht einfach physikalisch gelöst sei, sondern mit dem Protoplasma eine Verbindung bildet, die sich im leeren Raume zu erhalten vermag.

Beijerinck konnte zeigen, dass nicht bloss intakte, chlorophyllhaltige Zellen und ebensolche Pflanzenteile Sauerstoff entbinden und hierdurch die photogenen Bakterien zum Aufleuchten veranlassen können, sondern dass auch einem grünen Filtrat von zerstampften grünen Blättern diese Fähigkeit zukommt. Die Blätter werden in einem Mörser zerrieben, mit dest. Wasser versetzt und filtriert. Hierdurch erhält man ein grünes Filtrat, in welchem die im Wasser löslichen Teile des lebenden Protoplasmas (in which are found that portion of the living protoplasm which is soluble in water) und viele Chlorophyllkörner vorhanden sind. Wenn man nun diese grüne Flüssigkeit mit einer geeigneten Bouillon-

1) Heller, J. F. l. c. p. 130.

2) Pflüger, E., l. c. Bd. 11. p. 225—228.

3) Beijerinck, M. W., Les bactéries lumineuses dans leurs rapports avec l'oxygène. Extrait des Archives Néerlandaises T. XXIII. p. 416—427 (1889).

kultur leuchtender Bakterien in einer Eprouvette vermischt, so wird die Mischung im Finstern nach Verbrauch des vorhandenen Sauerstoffs dunkel. Sowie diese nunmehr nicht leuchtende Mischung nur für eine Minute oder länger dem vollen Sonnenlichte ausgesetzt wird, entsteht bereits soviel Sauerstoff, dass die Bakterien dann einige Minuten im Finstern weiter leuchten. Ja selbst das kaum eine Sekunde einwirkende Licht eines einzigen Zündhölzchens genügt, um das Wiederaufleuchten der Bakterien zu erzeugen. In der Tat ein glänzender Beweis, dass die physiologische Methode mit rein chemischen oder physikalischen Methoden zu wetteifern vermag!

Ich habe diese Leuchtbakterienmethode dann zur Prüfung der vor kurzem durch J. Friedel u. a. in Fluss gebrachten Frage nach der Kohlensäureassimilation ausserhalb der Pflanze angewendet und die Resultate meiner Versuche in einer besonderen Abhandlung niedergelegt¹⁾.

Beijerinck verdanken wir auch den Nachweis, dass die Leuchtbakterien durch den geringsten, von Algenzellen ausgeschiedenen Sauerstoff zum Aufleuchten veranlasst werden.

Beijerinck²⁾ geht in der Weise vor, dass er Meeresdiatomeen oder andere Algen mit Leuchtbakterien in Gelatine (Meerwasser + 10% Gelatine) vermischt und zwischen zwei parallele Glasplatten bringt. Darauf wird weisses Licht oder ein Spektrum geworfen. Sowie auf die Gelatine wirksames Licht auffällt, leuchten die Bakterien an den Stellen der Sauerstoffentbindung auf.

Später hat der genannte Autor sich mit dieser Erscheinung noch eingehender beschäftigt und die Photobakterien geradezu als ein vorzügliches, an Empfindlichkeit wohl nichts zu wünschen übrig lassendes Mittel zur Untersuchung der Chlorophyllfunktion bzw. Sauerstoffentbindung benützt³⁾.

Dass das Aufleuchten von Bakterien bei plötzlichem Sauerstoffzufluss fast momentan erfolgt, davon habe ich mich oft überzeugt, wenn ich eine leuchtende Stichkultur von *Bacterium phosphoreum* lose in eine durch alkoholische Pyrogallussäure vollkommen sauerstofffreie Eprouvette brachte, wie sie zur Durchführung anaerober Bakterienkulturen verwendet wird. Nach einiger Zeit, sowie die letzten Spuren von Sauerstoff ver-

1) Molisch, H., Über Kohlensäure-Assimilationsversuche mittelst der Leuchtbakterienmethode. Bot. Zeitg. 1904.

2) Beijerinck, M. W., Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Botan. Zeitg. 1890. p. 744.

3) Derselbe, Photobacteria as a reactive in the investigation of the Chlorophyll-Function. Koninklijke Akademie van wetenschappen te Amsterdam. Juni 26. 1901.

braucht sind, erlischt das Bakterienlicht. In dem Momente, da man die Eprouvette öffnet, erscheint es wieder.

In einer noch viel einfacheren und eleganteren Form pflege ich die Bedeutung des Sauerstoffs für die Lichtentwicklung in folgender Weise in meinen Vorlesungen zu demonstrieren. Eine $1-1\frac{1}{2}$ Meter lange und etwa 8 mm breite, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre wird mit stark leuchtender Bouillon (gemischt mit *Bacterium phosphoreum*) nahezu ganz gefüllt, so dass an der oberen Öffnung nur ein $\frac{1}{2}$ —1 cm langes Stück mit Luft versehen übrig bleibt. Lässt man nun eine so vorbereitete Röhre eine Viertelstunde stehen, so erlischt, da die Bakterien den Sauerstoff veratmen, die Bouillon mit Ausnahme des Meniskus, wo der Sauerstoff die Bakterien unmittelbar erreicht. Verschliesst man jetzt die Röhre mit dem Daumen und kehrt sie um, so steigt die Luft in Form einer Blase auf und macht die ganze Bouillon wieder leuchtend, man glaubt im Finstern eine langsam aufsteigende Leuchtrakete zu sehen. Stellt man die Röhre dann wieder ruhig hin, so erlischt binnen $\frac{1}{4}$ Stunde oder noch früher die Bouillon, und der Versuch kann dann von neuem wiederholt und die Bouillon neuerdings leuchtend gemacht werden.

Das stärkere Aufleuchten von Bouillon- und Milchbakterienkulturen bei plötzlichem Schütteln beruht gleichfalls auf dem Eintritt von Sauerstoff in die tieferen Partien der Flüssigkeit.

Nach all dem Gesagten kann wohl an der strengen Abhängigkeit der Lichtentwicklung von freiem Sauerstoff nicht gezweifelt werden, das Leuchten beruht eben auf einem durch den freien atmosphärischen Sauerstoff hervorgerufenen Oxydationsprozess.

2. Leuchten und Atmung.

In botanischen Kreisen wird fast allgemein angenommen, dass zwischen der Phosphoreszenz der Pilze und der Atmung eine direkte Beziehung, also ein unmittelbarer Zusammenhang bestehe. Nicht etwa so wie beim Wachstum, der Assimilation und anderen Lebenserscheinungen, die gleichfalls nur stattfinden, wenn die Pflanze atmet, wo aber nur indirekte Beziehungen vermutet werden. So spricht Sachs, um nur einen der bedeutendsten Physiologen zu nennen, von der Phosphoreszenz als notwendiger Folge der Atmung und von Phosphoreszenz durch Atmung¹⁾.

¹⁾ Sachs, J., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1887. p. 397 u. 875.

Sachs stützt sich hauptsächlich auf eine Beobachtung von Fabre, welcher gefunden hat, dass der leuchtende Hut von *Agaricus olearius* samt Lamellen in reinem Sauerstoff bei 12° C. binnen 36 Stunden für 1 g seines Gewichtes 4,41 ccm CO₂ erzeugte, während 1 g nicht leuchtender Substanz unter ähnlichen Verhältnissen 2,88 ccm CO₂ lieferte. Als aber Fabre ein leuchtendes Stück des Pilzes niedriger Temperatur aussetzte, wo das Leuchten aufhörte, und auf die Atmungsintensität prüfte, gab 1 g desselben in 44 Stunden nur 2,64 ccm, das Kontrollstück, welches überhaupt nicht leuchtete, 2,57 ccm CO₂. Es hatte also in diesem Falle die leuchtende Substanz, als sie verhindert wurde, zu leuchten, nur mehr so viel CO₂ abgegeben, als die überhaupt nicht leuchtende. Auf Grund seiner Arbeit kam Fabre zu dem Schlusse: Die Phosphoreszenz ist die Wirkung der Respirationstätigkeit des Pilzes und hängt von derselben Ursache ab, wie die Selbsterwärmung zur Zeit des Blühens bei gewissen Teilen der Phanerogamen, besonders bei Aroideen¹⁾.

Die Versuche Fabres beweisen meiner Meinung nach zunächst nur, dass das Leuchten hier an die Bedingungen des Lebens geknüpft ist, insbesondere an die Gegenwart des freien Sauerstoffes. Um von einer Phosphoreszenz durch Atmung zu sprechen, müssen doch mehr einschlägige Versuche und Erfahrungen vorliegen, denn die Mehrproduktion der CO₂ bei dem leuchtenden Stück könnte auf Individualität beruhen oder was ich für wahrscheinlicher halten möchte, auf dem Umstande, dass die Lichtentwicklung an jungen, lebhaft wachsenden Teilen sich zeigt, die überhaupt intensiver atmen als ausgewachsene.

Inzwischen haben sich seit den Untersuchungen Fabres unsere Kenntnisse über die Lichtentwicklung der Pflanze wesentlich vermehrt und diese mahnen jedenfalls zur Vorsicht bei der Beurteilung des Phosphoreszierens in seiner Beziehung zur Respiration.

Zunächst möchte ich darauf hinweisen, dass Leuchtbakterien ihre Fähigkeit zu leuchten bei der Zucht im Laboratorium häufig mit der Zeit einbüßen. „Schon Ludwig nahm wahr, dass die Leuchtbakterien sehr wohl ohne Lichtentwicklung zu züchten sind, und, seitdem diese interessanten Wesen regelmässig in den bakteriologischen Instituten gezüchtet werden, wird mancher sehr gegen seine Wünsche dieselbe Beobachtung gemacht haben“²⁾.

Ich habe erst in letzter Zeit von Kral in Prag den *Micrococcus Pflügeri* bezogen und mich überzeugt, dass derselbe sein Leuchtvermögen inzwischen fast total oder total eingebüsst hat. Er wächst, er atmet, er leuchtet aber nicht. — Dank der Untersuchungen von Beijerinck

¹⁾ Sachs, J., l. c. p. 398.

²⁾ Migula, W., l. c. p. 339.

wissen wir, dass das Leuchten häufig nur unter ganz bestimmten Ernährungs- und Temperaturverhältnissen erfolgt, dass also Leuchtbakterien leben, wachsen und atmen können, ohne zu leuchten. Mc Kenney hat gezeigt, dass Photobakterien unter dem gelinden Einfluss von Ätherdämpfen zwar nicht mehr leuchten aber noch wachsen¹⁾.

Gelegentlich meiner Beobachtungen über den Einfluss verschiedener Mineralsalze auf das Leuchten des *Bacterium phosphoreum* habe ich gefunden, dass dieses bei einem Zusatz von 3% Magnesiumsulfat zu einem bestimmten Nährsubstrat sich ausgezeichnet entwickelt, aber gar nicht oder fast gar nicht leuchtet.

Die Atmungsintensität der Pflanze steht in bestimmter Beziehung zur Temperatur, in dem Sinne, dass mit steigender Temperatur auch die Atmungsenergie steigt. Im Gegensatz zu anderen physiologischen Prozessen besteht die Temperaturatmungskurve nicht aus einem aufsteigenden und aus einem absteigenden Ast, sondern nur aus einem aufsteigenden, mit anderen Worten: je höher die Temperatur, desto intensiver die Atmung. Würde ein so inniger Zusammenhang zwischen der Atmung und der Phosphorenz bestehen, wie von Sachs und anderen angenommen wird, dann sollte man von vornherein vermuten, dass bei hoher Temperatur auch die Lichtentwicklung zunehme. Es ist aber das Gegenteil der Fall. Denn man kann im allgemeinen sagen, dass die photogenen Bakterien unseres Klimas bei relativ niederen Temperaturen besser und andauernder leuchten und schon weit unter der oberen Temperaturgrenze des Lebens in ihrer Phosphoreszenz nachlassen.

Die Farbstoffbildung bei den Bakterien und die Phosphoreszenz derselben bietet manche Analogie dar. Mit wenigen Ausnahmen bilden alle chromogenen Bakterien ihren Farbstoff nur bei Zutritt von Sauerstoff. Es lässt sich dies ohne weiteres im Stichkanal nachweisen. Soweit der Kanal für Luft zugänglich ist, entsteht der Farbstoff, die im Kanal tiefer liegenden Bakterien hingegen wachsen farblos. Sowie der *Bacillus prodigiosus* in der Gelatineplatte bei oberflächlichem Wachstum Farbstoff produziert, in der Tiefe aber farblose Kolonien bildet, so leuchten auch die Leuchtbakterien nur an der dem Sauerstoff zugänglichen Oberfläche, in tieferen Regionen aber nicht.

Ähnliche Beziehungen wie sie die photogenen Bakterien zwischen der Temperatur und der Lichtentwicklung erkennen lassen, kann man auch bei chromogenen Bakterien zwischen der Temperatur und der Farbstoffproduktion beobachten. Der *Bacillus prodigiosus*, *B. Kiliensis*, *B.*

¹⁾ Mc Kenney, R., Observations of the conditions of light production in luminous bacteria Proceedings of the biological society of Washington. XV. Vol. 1902. p. 213.

indicus, B. ruber und andere produzieren bekanntlich bei höherer Temperatur wenig oder gar keinen Farbstoff, ja man kann nach Schottelius¹⁾ durch fortgesetzte Züchtung bei Brut-Temperatur farblose Rassen erzielen, die dann auch bei niederer Temperatur sich farblos entwickeln.

Bei der Farbstoffproduktion hat man es ebenso wie bei der Lichtentwicklung mit einer Oxydationserscheinung zu tun, während man aber bei der Phosphoreszenz gleich an eine direkte Abhängigkeit von der Atmung dachte, war das bei der Farbstoffbildung, wo doch die Verhältnisse analog liegen, nicht der Fall.

Der Atmungsprozess bietet uns einen Komplex einer ganzen Kette von Erscheinungen dar, von denen wir im wesentlichen nur den Anfang, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff und das Ende dieser Kette, die Abgabe der CO₂ kennen. Neben der Atmung spielen sich in der Pflanze wie im Tier noch andere Oxydationserscheinungen ab, die direkt mit der Atmung nichts zu tun haben und zu diesen Erscheinungen könnte auch die Phosphoreszenz oder die Farbstoffbildung gehören.

In der Zelle können sich verschiedene Oxydationsprozesse abspielen und ich bin derselben Meinung wie Pfeffer, wenn er sagt: „Es muss deshalb auch fraglich bleiben, ob alle die mit Sauerstoffeingriff resp. mit Kohlensäureproduktion verknüpften Prozesse der Atmung zuzugesellen sind, wenn man sich dahin einigt, unter dieser die speziell für die allgemeine Betriebstätigkeit des Organismus unentbehrlichen Oxydationsprozesse zu verstehen. Da indes zur Zeit sogar der Nachweis, geschweige denn die funktionelle Trennung solcher möglichen verschiedenen Prozesse nicht gelungen ist, so muss man bis auf weiteres Kohlensäureproduktion und Sauerstoffkonsum als Massstab für die Atmungstätigkeit nehmen.“²⁾

Bezüglich der Lichtentwicklung hat aber meiner Meinung nach noch niemand den Nachweis gebracht, dass der durch das Leuchten gegebene Verbrennungsprozess auch zu einer Kohlensäureproduktion führt, und ich wüsste auch nicht gut anzugeben, wie man in exakter Weise derzeit einen solchen Nachweis erbringen könnte. Denn dass die einschlägigen bereits früher erwähnten Versuche Fabres weit entfernt sind, uns darüber aufzuklären, habe ich schon betont.

Wir haben demnach vorläufig keinen zwingenden Grund von einer direkten Beziehung zwischen Pflanzenatmung und Phosphoreszenz,

¹⁾ Schottelius, Biolog. Untersuchungen über den *Micrococcus prodigiosus* Festschr. f. A. Koelliker. Leipzig 1887.

²⁾ Pfeffer, W., Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. Abhandl. d. math.-physischen Klasse d. k. sächs. Gesellsch. d. Wiss. XV. Bd. Nr. 5. p. 483. Jahrg. 1889.

geschweige denn von einer Phosphoreszenz durch Atmung zu sprechen, wenn auch zweifellos das Leuchten der Pflanze von freiem Sauerstoff ganz abhängig ist und der Experimentator es ganz in seiner Hand hat, durch Zufuhr von Sauerstoff den Leuchtpilz leuchten oder erlöschen zu machen.

3. Zur Theorie des Leuchtens.

Je weiter unsere Kenntnisse über die Luminiszenz fortschreiten, desto mehr gewinnt die Ansicht an Wahrscheinlichkeit, dass in den leuchtenden Zellen ein Stoff gebildet wird, der im Kontakt mit freiem Sauerstoff zu leuchten vermag. Dieser leuchtende hypothetische Stoff sei im folgenden kurz Photogen genannt.

Die früher so häufig geäußerte Ansicht, dass das Licht der Organismen von entstehendem Phosphor oder von einer Phosphorwasserstoffverbindung herrühre, hat nur mehr geschichtliches Interesse.

Gegen die alte Ansicht, dass bei der Zersetzung organischer Stoffe Phosphor entstehe und dieser das Leuchten bedinge, wandte sich auch Phipson¹⁾. Er bemühte sich zu zeigen, dass die Phosphorenz der Fische nicht auf einer Entwicklung von Phosphor beruhe und auch nicht auf der Tätigkeit kleiner Organismen. Er bemerkte zwar in dem leuchtenden, die toten Fische überziehenden Schleim kleine runde Kügelchen, die er für Pilzsporen hielt, war aber doch der Meinung, dass es sich hier nicht um leuchtende Organismen handele, sondern, dass die Lichtentwicklung von einem organischen Körper ausgehe, welcher zum Sauerstoff eine ähnliche Affinität habe wie der Phosphor.

In einer zweiten Abhandlung²⁾ tritt Phipson dieser leuchtenden Substanz noch näher und bezeichnet sie als Noctilucin. Dieser Körper sei im Reiche der Organismen sehr verbreitet, er sei die Ursache der Phosphorenz toter Fische, des Fleisches toter Tiere, er werde auch abgesondert von leuchtenden Würmern, den Skolopendern und wahrscheinlich von allen Tieren und Pflanzen, welche im Finstern zu leuchten imstande sind. Der Verfasser gibt eine ausführliche Beschreibung seines Noctilucins, von deren Wiedergabe ich wohl absehen darf, da der ganzen Abhandlung nur mehr ein historisches Interesse zukommt. Es wird genügen, wenn ich bemerke, dass Phipson den leuchtenden Schleim der Fische und des Schlachtviehfleisches Noctilucin nennt, dieses also nichts anderes darstellt, als die leuchtenden Bakterien selbst und

¹⁾ Phipson, M. T. L., Sur la matière phosphorescente de la raie. Comptes rendus T. 51. 1860. p. 541—542.

²⁾ Phipson, M. T. L., Sur la noctilucine. Ebenda. T. 75. 1872. p. 547—549.

zwar noch verunreinigt mit verschiedenen Arten nicht leuchtender Mikroben und allen jenen organischen und anorganischen Körpern, welche die schleimige Oberfläche des in Zersetzung begriffenen Fleisches zusammensetzen.

Davon, dass Phipson einen Leuchtstoff aus leuchtenden Organismen dargestellt hätte, kann gar keine Rede sein, Phipsons Noctilucin ist kein chemisches Individuum, sondern stellt vom Standpunkte unserer heutigen Erfahrungen, insbesondere der Bakteriologie z. B. mit Rücksicht auf die Phosphoreszenz der Fische und des Fleisches Massen von Leuchtbakterien dar, vermengt mit verschiedenen anderen Schizomyceten und Substanzen.

Ich hebe dies besonders hervor, weil in der Literatur die Sache oft so dargestellt wird, als ob Phipsons Noctilucin ein Körper, ein chemisches Individuum wäre, das er für sich dargestellt hätte.

In neuerer Zeit haben sich namentlich E. Pflüger, Radziszewski, Dubois, F. Ludwig, Katz¹⁾, Tollhausen²⁾, Lehmann³⁾, Beijerinck, Mc. Kenney⁴⁾ und Nadson⁵⁾ mit dem Wesen des Leuchtprozesses beschäftigt.

Eine wichtige Stütze dafür, dass in leuchtenden Lebewesen ein Leuchtstoff gebildet werde, brachte Radziszewski⁶⁾, indem er zeigte, dass verschiedene organische Körper, wenn sie sich in alkalischer Reaktion mit aktivem Sauerstoff chemisch verbinden, leuchten. Hierzu gehören: Methylaldehyd, sogenanntes Dioxymethylen, Paraldehyd, Metaldehyd, Acrolein, Disacryl, Traubenzucker, Aldehydammoniak, Acrylammoniak, Hydrobenzamid, Lophin, Hydroanisamid, Anisidin, Hydrocuminamid, Hydrocinnamid und andere. Nach dem genannten Forscher kommt auch vielen ätherischen Ölen die Eigenschaft des Leuchtens zu, so dem Terpentin-, Zitronen-, Bergamotten-, Cajeput-, Lavendel-, Rosmarin-, Pfefferminz-, Rosen-, Kümmel-, Anis-, Kalmus-, Geranium-, Dill-

¹⁾ Katz, O., Zur Kenntnis der Leuchtbakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. IX. Bd. (1891). p. 315.

²⁾ Tollhausen, P., Untersuchungen über *Bacterium phosphorescens* Fischer. Inaug.-Dissertation. Würzburg 1889.

³⁾ Lehmann, K. B., Studien über *Bacterium phosphorescens* Fischer. Zentralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. V. Bd. (1889). p. 785.

⁴⁾ Mc. Kenney, B., Observations on the conditions of light production in luminous Bacteria. Proceedings of the biol. soc. of Washington. 1902. Vol. XV. p. 213—234.

⁵⁾ Nadson, G., Sur la phosphorescence des bactéries. Petersburg 1903. Separatabdruck.

⁶⁾ Radziszewski, B., Über das Leuchten des Lophins. Berichte d. deutsch. chem. Ges. X. 70. Derselbe, Über die Phosphoreszenz der organischen und organisierten Körper. Liebigs Annalen d. Chemie. Bd. 203 (1880). p. 305.

Nelken-, Cascarillen- und Pinöl. Ferner kommt sie auch gewissen Kohlenwasserstoffen zu, falls sie in nicht ganz gefüllten Gefässen der Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt waren und mit Natriumhydroxyd erwärmt und geschüttelt werden. Auch die Fettkörper, besonders aber die fetten Öle und ihre einzelnen Bestandteile leuchten in alkalischer Reaktion, z. B. die Ölsäure, die Rizinusölsäure und deren Salze. Analog verhalten sich gewisse Alkohole, die mehr als vier Kohlenstoffatome im Molekül besitzen, und die Taurochol-, Glykocol- und Cholsäure wie auch das Protagon (Lecithin, Cerebrin). Da nun das Aussehen des Lichtes und seine spektrale Zusammensetzung bei den angeführten Verbindungen und den leuchtenden Lebewesen Ähnlichkeiten aufweisen; da sich unter den von Radziszewski aufgefundenen leuchtenden Verbindungen auch solche vorfinden, welche in Lebewesen auftreten¹⁾ — man denke an Lecithin, Fette, Cholesterin, ätherische Öle, Traubenzucker und andere — so gelangt der genannte Forscher zur Überzeugung, dass auch bei den Lebewesen die Lichtentwicklung auf einer Oxydation solcher Verbindungen beruhe. Zwar könne nicht angenommen werden, dass innerhalb des Organismus die alkalische Reaktion von einer Anhäufung anorganischer Basen wie Kali, Natron oder Kalk bewerkstelligt werde, und eine solche Annahme sei auch überflüssig, da auch gewisse organische Basen (Cholin, Neurin) selbst in geringen Mengen dasselbe zu leisten vermögen wie etwa Stücke von Kaliumhydroxyd.

Ob Radziszewski recht oder unrecht hat, wäre mit einem Schlage bewiesen, wenn es gelänge, eine photogene Substanz aus leuchtenden Organismen zu isolieren und ausserhalb der Zelle zum Leuchten zu bringen. Dies ist aber bisher nicht möglich gewesen. Auch trifft für die lebende Zelle auch eine Voraussetzung nicht zu, die Radziszewski machen muss: seine Leuchtkörper leuchten nur im Kontakt mit aktivem Sauerstoff, solcher ist aber bekanntlich, wie wir auf Grund der Untersuchungen von Pfeffer²⁾ wissen, in der intakten Zelle nicht nachweisbar. Wenn ich daher auch nicht so weit gehen möchte wie Radziszewski, der die Frage über die Ursachen und Bedingungen der Luminiszenz nicht nur der organischen, sondern auch der organisierten Körper durch seine Untersuchungen als gelöst betrachtet, so möchte ich doch hervorheben, dass seine Erklärung noch die am besten begründete ist von allen, die man bisher aufgestellt hat, und dass die

¹⁾ Dubois, R. zeigte, dass auch Aesculin in alkoholischem Kaliumhydroxyd leuchtet. *Compt. rend.* 1901. Bd. 132. p. 431.

²⁾ Pfeffer, W., Beitrag zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. I. c.

über das Leuchten bekannten Tatsachen sich mit der Annahme eines Photogens in der Zelle gut vereinigen lassen. Über die Natur des Photogens wissen wir freilich bisher nichts, möglicherweise ist es gar keine von den Radziszewskischen Substanzen, wahrscheinlich ein Körper, der auch ohne Gegenwart von aktivem Sauerstoff zu leuchten vermag.

Für die Annahme eines Photogens spricht auch die Tatsache, dass manche Tiere ein Sekret ausscheiden, welches ausserhalb der Gewebe und Zellen leuchtet. Das ist bekanntlich bei *Pholas dactylus* L., der Bohrmuschel der Fall. Wenn man den Siphon dieses an den Küsten des Mittelmeeres aber auch sonst verbreiteten Tieres mechanisch reizt, so wird er rasch zurückgezogen, und gleichzeitig spritzt das Tier eine klare Flüssigkeit aus, die im Finstern leuchtet, sich im Wasser wolken- und schlierenartig verteilt und dem staunenden Beobachter ein herrliches Schauspiel darbietet.

Dubois, der sich viele Mühe gegeben hat, den Leuchtprozess aufzuklären, hat ursprünglich gemeint, dass bei *Pholas* eine Symbiose mit Leuchtbakterien vorliege, und dass in dieser Muschel ein Stoff, Luciferin genannt, vorhanden sei, der an und für sich nicht leuchtet, aber durch die fermentartigen Eigenschaften der Leuchtbakterien zum Leuchten gebracht werde ¹⁾.

Analoges wurde auch für *Pelagia noctiluca* behauptet.

Es wäre an der Zeit, dass dieses Märchen, das selbst in den neuesten Büchern und Schriften immer wieder von neuem aufgetischt wird, endlich einmal aus der Literatur verschwinden würde, da Dubois seine erwähnten Behauptungen bereits vor mehreren Jahren selbst zurückgenommen und als irrtümlich hingestellt hat ²⁾.

Man kann sich leicht ziemlich viel von dem leuchtenden Sekret der Bohrmuschel verschaffen, wenn man sie, ohne den Siphon zu berühren, rasch aus dem Wasser herausnimmt und die Öffnung des Siphons über die Mündung einer Epruvette hält. Das Tier spritzt dann eine ziemliche Menge der leuchtenden Flüssigkeit aus und wenn man denselben Versuch mit mehreren Tieren rasch hintereinander macht, so kann man leicht eine ganze Epruvette voll von dem Leuchtsekret sammeln. Ich habe solche Versuche sehr häufig mit Tieren, die aus dem Hafen von Triest stammten und mir nach Prag zugesandt wurden, wo sie sich in Aquarien oft monatelang am Leben erhielten, gemacht.

¹⁾ Dubois, R., Sur le rôle de la symbiose chez certains animaux marins lumineux. Comptes rendus CVII. (1888). p. 502—504. Derselbe, Nouvelles recherches sur la production de la lumière par les animaux et les végétaux. Comptes rendus CXI (1890). p. 363—366.

²⁾ Dubois, R., Leçons de physiologie etc. Paris 1898. p. 451.

Vermischt man die frische leuchtende Flüssigkeit mit Salzpeptongelatine und giesst in Petrischalen aus, so erhält man neben einem Heer verschiedenartiger, mitunter auch einzelne leuchtende Bakterienkolonien, allein dies ist nichts Besonderes, da ja bekanntlich an den meisten Seetieren photogene Bakterien haften. Häufig gelang es überhaupt nicht, aus dem Leuchtsekret Leuchtbakterien herauszuzüchten, wie es denn überhaupt nach meinen Erfahrungen keinem Zweifel unterliegen kann, dass das Leuchten von Pholas mit einer Symbiose nichts zu tun hat, sondern dass die Bohrmuschel wie viele andere Tiere für sich allein Licht zu entwickeln vermag.

Im Anschluss möchte ich hier einen Versuch erwähnen, den Dubois zuerst gemacht und der ihn zu einer neuen Anschauung über das Leuchten der Lebewesen geführt hat.

Er kratzt mit einem Messer die innere Wand des Siphos von lebenden Pholaden ab, zermalmte rasch den erhaltenen Brei in Sand und 90%igem Alkohol und lässt das Ganze in einem geschlossenen Gefäss durch 12 Stunden mazerieren. Nach dieser Zeit filtriert er und erhält eine für sich nicht leuchtende Flüssigkeit (A).

Der durch Alkohol erschöpfte Rückstand wird ausgepresst und dann mit Chloroformwasser mehrere Stunden behandelt und abfiltriert. Das Filtrat stellt gleichfalls eine nicht leuchtende Flüssigkeit dar (B).

Wenn man nun $\frac{1}{4}$ von der Flüssigkeit A mit $\frac{3}{4}$ der Flüssigkeit B mischt, so leuchtet das Gemisch bei gewöhnlicher Temperatur.

Die Flüssigkeit B gibt beim Sieden oder mit viel Alkohol einen flockigen Niederschlag und ein Gemisch der Flüssigkeit A mit der gekochten B gibt keine Lichtentwicklung mehr. Diese Versuche erklärt der französische Forscher auf Grund seiner Erfahrungen in folgender Weise. In der Bohrmuschel treten zwei Körper auf: ein krystallisierbarer, das Luciferin, und ein Ferment, die Luciferase. Der erste findet sich im ganzen Tiere vor, während der zweite nur in den leuchtenden Teilen vorkommt. Durch das Zusammentreffen dieser beiden Substanzen, nämlich eines eiweissartigen von den Eigenschaften eines Ferments, der Luciferase mit dem unbekannten Körper Luciferin entsteht unter Intervention von Sauerstoff und Wasser Licht. Dubois ist um so mehr geneigt, hier einen fermentativen Vorgang anzunehmen, weil alle jene Bedingungen, die für gewöhnlich günstig oder hemmend auf Fermentationsprozesse wirken, auch entsprechend den Leuchtprozess beeinflussen. Die gegebene Erklärung soll nach Dubois nicht bloss für Pholas, sondern für sämtliche Lebewesen, gleichgiltig ob Tier oder Pflanze, gelten.

Ich war leider wegen Mangel an genügendem Material nicht in der Lage, mit Pholas die Versuche von Dubois zu wiederholen, kann also

aus eigener Anschauung darüber nicht urteilen. Daher möchte ich der Fermenttheorie gegenüber eine abwartende Stellung einnehmen, zumal der mit dem Chloroformwasser und nach dem Kochen erhaltene Körper doch ein höchst unreines Produkt sein muss. Derartige flockige Niederschläge dürfte fast jedes eiweisshaltige Tier- oder Pflanzengewebe liefern, das gesamte Eiweiss, welches bei dem Mazerieren mit Chloroformwasser in Lösung geht, muss beim Kochen oder bei Behandlung mit Alkohol herausfallen, von einem einheitlichen Körper, von einem Ferment kann wohl nicht ohne weiteres gesprochen werden, wenn auch damit nicht die Möglichkeit geleugnet werden soll, dass ein Ferment darin enthalten sei.

Dubois' Versuche widersprechen übrigens gar nicht der Photogenetheorie, denn wenn der Leuchtprozess einem fermentativen Vorgang seinen Ursprung verdankt, so kann man sich ganz gut vorstellen, dass unter dem Einflusse eines Fermentes auf eine bestimmte Substanz ein neuer Körper entsteht, der eben zu leuchten vermag.

Eine der Photogenetheorie entgegengesetzte Ansicht äusserte Beijerinck. Nach seiner Auffassung wird nicht ein leuchtender Stoff, eine bestimmte leuchtende chemische Verbindung gebildet, sondern die Lichtentwicklung beruht auf einer spezifischen, physiologischen Funktion, analog der Ferment-, der Reduktionsfunktion, der Kontraktilität und der Irritabilität¹⁾. In Übereinstimmung mit Pflüger, der eine innige Beziehung zwischen Leben, Atmung und Leuchten annimmt, tritt auch Beijerinck für die Auffassung des Leuchtens als vitalen Akt ein und behauptet, dass die Umbildung des Peptons zu organisierter lebender Substanz, speziell bei den Leuchtorganismen, von Lichtentwicklung begleitet ist.

Was zunächst die letztere Behauptung anbelangt, so kann man wohl nicht sagen, dass Beijerinck irgendwelche zwingende Gründe für dieselbe beigebracht hat; solche Annahmen lassen sich vorläufig weder beweisen, noch streng widerlegen. Der Umstand, dass die Leuchtbakterien üppig wachsen und sich vermehren können, ohne zu leuchten, die Tatsache, dass sie noch bei sehr niederen Temperaturen, bei welchen das Wachstum auf ein Minimum beschränkt oder sogar vollkommen sistiert ist, zu leuchten vermögen, und endlich die Erfahrung, dass das Leuchten bei gewissen tierischen Lebewesen auch ausserhalb der Zelle in einem Sekret vor sich gehen kann, all das spricht wohl nicht dafür, dass gerade die Umformung der Peptone in lebende Substanz von einer Lichterscheinung begleitet wird.

¹⁾ Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène et l'aliment plastique des bactéries lumineuses. Archives Néerlandaises. T. XXIV. p. 369—442; p. 58 des Sonderabdruckes.

Wenn Beijerinck ferner in der Lichtentwicklung eine spezifische Lebensfunktion sieht, ähnlich der Fermentfunktion, so kann darauf erwidert werden, dass selbst die alkoholische Gärung, die noch bis vor wenigen Jahren als untrennbar verknüpft mit der lebenden Zelle betrachtet wurde, nunmehr als ein chemischer Prozess erkannt wurde, indem Buchner¹⁾ aus der Hefe ein Ferment, die Zymase, dargestellt hat, die in einer Zuckerlösung für sich allein, also unabhängig von der Zelle, die alkoholische Gärung hervorzurufen vermag.

In einem Punkte begegnen sich Beijerincks und meine Ansicht, darin nämlich, dass sich die Lichtentwicklung wenigstens bei den Pilzen — und dasselbe dürfte wohl für die meisten lichtentwickelnden Lebewesen Geltung haben — intrazellular vollzieht.

In der Literatur geht man vielfach von der meiner Meinung nach irrthümlichen Anschauung aus, dass die Photogentheorie einem intrazellular verlaufenden Leuchtprozess widerspreche. Hierfür liegt aber doch kein zwingender Grund vor. Ich bin Anhänger der Photogentheorie und stehe gleichzeitig auf dem Standpunkt, dass die Lichtentwicklung sich innerhalb der Pilzzellen vollzieht.

Die von Ludwig²⁾ geäußerte Vermutung, dass die Leuchtbakterien stets dunkel sind und die Kolonien nur infolge der ausgeschiedenen Radziszewskischen Körper leuchten, muss auf irrthümlichen Beobachtungen beruhen. Ludwig stützt seine Ansicht auf folgendes: „Nachdem ich im Dunkeln das Mikroskop auf die leuchtenden Kolonien resp. auf die Lichtpunkte eingestellt, liess ich die Petroleumlampe vorsichtig an einen vorher bezeichneten Platz, von wo aus sie das Objekt günstig beleuchtete, stellen. Es ergab sich dabei, dass die Kolonien selbst nicht sowohl der Ausgangspunkt der Phosphoreszenz waren, als kleine, das Licht stark brechende bakterienfreie Bläschen in deren Nähe (über denselben), welche nichts anderes als chemische Produkte der ersteren zu sein schienen.“

Ich habe darauf hin zahlreiche mikroskopische Beobachtungen an leuchtenden Kolonien verschiedener Leuchtbakterienarten gemacht, niemals aber etwas ähnliches oder überhaupt etwas bemerkt, das für die Ausscheidung eines Leuchtstoffes gesprochen hätte. Immer ist das Licht auf die Ausdehnung der Kolonie beschränkt, von einer diffusen Ausbreitung eines Photogens auch nur in die nächste Umgebung der

1) Buchner, E., H. Buchner u. M. Hahn, Die Zymasegärung. München u. Berlin 1903.

2) Ludwig, F., Die bisherigen Untersuchungen über photogene Bakterien Zentralbl. f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. I. Jahrg. 1887. II. Bd. p. 403. Vergl. auch F. Ludwig, Lehrbuch der niederen Kryptogamen etc. Stuttgart 1892. p. 82.

Bakterienmasse ist nie das Geringste zu sehen. Damit steht auch die Tatsache in vollem Einklang, dass man bei der Filtration von 3% Kochsalzwasser oder von Bouillon, die durch *Bacterium phosphoreum* stark leuchtend gemacht wurden, durch Chamberland- oder Berkefeldkerzen Filtrate erhält, die in Übereinstimmung mit Versuchen von Lehmann und Katz im Finstern nicht die geringste Spur von Licht zeigen.

Für die Beurteilung derartiger Fragen leistet auch die Photographie ausgezeichnete Dienste, denn wenn die Kolonien ein Photogen in ihre Umgebung ausscheiden würden, würden sicherlich in Anbetracht der nahezu unendlichen Empfindlichkeit der photographischen Platte bei langer Exposition um jede Kolonie im Positiv ein Lichthof entstehen müssen. Dies ist aber, wenn man jede Solarisation vermeidet, niemals der Fall (vergl. auch p. 135).

Auch bei den höheren Leuchtpilzen¹⁾, wie dem *Hallimasch* und dem *Mycelium x*, handelt es sich, wie ich bereits auf p. 45 auseinandergesetzt habe, um einen intrazellularen Prozess, eine Ausscheidung leuchtender Substanz kommt, soweit meine Beobachtungen reichen, auch hier nicht vor.

Das Photogen leuchtet also im Innern der Zelle und seine Entstehung ist ebenso wie die Zymase sicherlich an die lebende Zelle geknüpft. Insoferne kann das Licht der Pflanze überhaupt als ein Lebenslicht im wahren Sinne des Wortes bezeichnet werden.

Aber so wie es geglückt ist, die Zymase aus der Hefe für sich darzustellen und ausserhalb der Zelle zur Wirkung zu bringen, so wäre ja auch für das Photogen etwas Analoges denkbar, wenngleich alle darauf abzielenden Versuche bisher nur negative Resultate lieferten, wahrscheinlich deshalb, weil das Photogen ein ungemein labiler Körper ist und nur in sehr geringer Menge gebildet wird. Es erscheint daher begreiflich, dass alles, was das Leben der Zelle alteriert, auch das Photogen zerstört oder in seiner Entstehung hemmt.

Von diesem Gesichtspunkte möchte ich auch die von Macfadyen festgestellte Tatsache betrachten, der gezeigt hat, dass Leuchtbakterien, nachdem sie der Temperatur der flüssigen Luft ausgesetzt waren, noch immer ihre Leuchtfähigkeit bewahren, sie hingegen verlieren, sobald sie bei dieser Temperatur zerrieben werden. Er schliesst daraus, dass das Leuchten wesentlich eine Funktion der lebenden Zelle ist und an die intakte Organisation der Zelle geknüpft erscheint²⁾.

¹⁾ Vergl. darüber auch F. Ludwig, *Lehrb. d. Kryptogamenkunde*. I. c. p. 530.

²⁾ Macfadyen, Allan, Section B of the British Association at Southport 1903. In *Nature* Bd. 68. Nr. 1773. p. 608—609.

Zur Begründung des Gesagten führe ich, indem ich gleichzeitig auf die einschlägigen Experimente von Lehmann¹⁾ verweise, einige Versuche an, die ich mit stark leuchtendem *Bacterium phosphoreum* angestellt habe. Von Strichkulturen wurden hirsekorn-grosse Bakterienmassen zunächst in folgende Flüssigkeiten getaucht oder verschiedenen Dämpfen ausgesetzt, um die Zellen abzutöten.

1. Schwefelsäure. In reiner Schwefelsäure erlischt das Licht innerhalb 1 Minute.
2. Konz. Salpetersäure. Das Licht erlischt nach 10—30 Sekunden.
3. „ Salzsäure. „ „ „ „ „ „ „
4. Eisessig. „ „ „ innerhalb 1 Minute.
5. Konz. Kalilauge. „ „ „ „ „ „
6. Ammoniakdampf. „ „ „ „ „ „
7. Ammoniakwasser. „ „ „ „ 8 Minuten.
8. Absoluter Alkohol. „ „ „ „ 2 „
9. Ätherdampf. „ „ „ „ 1/4 Stunde.
10. Ätherflüssigkeit. „ „ „ „ 10 Minuten.
11. Jodwasser. „ „ „ „ 35 „

Besonders bemerkenswert erscheinen folgende Versuche, die beweisen, dass zum Leuchten der Bakterien und höheren Pilze eine gewisse Menge Wasser notwendig ist, wie dies ja auch für andere physiologische Prozesse, z. B. für die Gärung, die Atmung und das Wachstum bekannt ist.

Legt man auf eine Glasplatte ein hirsekorn-grosses Stück stark leuchtender Bakterienmasse — zu diesen, sowie zu den unmittelbar vorhergehenden Versuchen dienten stets junge Reinkulturen — so erlischt infolge der Abgabe von Wasser gewöhnlich nach 5—10 Minuten das Licht. Taucht man die Bakterienmasse nun in destilliertes oder in Flusswasser oder in eine 3% Kochsalzlösung, so leuchtet die Masse sofort auf und bleibt in der Salzlösung noch Tage lang leuchtend.

Die Behauptung Beijerincks²⁾, dass die Leuchtbakterien das Austrocknen nicht vertragen, ist sicher nicht allgemein richtig. Ich habe *Bacterium phosphoreum*, der mehrere Tage an der Luft getrocknet wurde, wieder zur Entwicklung gebracht.

Leuchtende Bakterienmassen wurden auf Deckgläschen gebracht, eintrocknen gelassen, in sterilisierten Petrischalen lufttrocken aufbewahrt und von Zeit zu Zeit darauf geprüft, wie lange sie in lufttrockenem

¹⁾ Lehmann, K. B., l. c. p. 789.

²⁾ Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc. l. c. p. 65 des Separatabdruckes.

Zustand die Fähigkeit behalten, bei Benetzung mit Wasser noch Licht zu entwickeln. Es ergab sich hiebei, dass die meisten Proben noch nach zwei Monaten bei Wasserzufuhr innerhalb der nächsten Minuten aufzuleuchten imstande waren, nach 3—4 Monaten aber nicht mehr. Auch das Mycelium x verträgt mehrere (3—5) Wochen das Austrocknen, bleibt entwicklungsfähig und vermag beim Befeuchten mit Wasser wieder aufzuleuchten.

Was mich unter anderm bestimmt, der Photogentheorie das Wort zu reden, ist die Tatsache, dass bei gewissen Tieren leuchtendes Sekret wirklich ausgeschieden, und gewisse Zellen und Bestandteile von solchen auch im leblosen Zustande noch leuchten können. So bei *Pholas*, bei gewissen *Myriopoden* und manchen *Würmern*¹⁾.

Zelluläre Elemente habe ich in dem Leuchtsekret der Bohrmuschel nicht gesehen; die Flüssigkeit war vollständig klar und frei von Zellen oder geformten Teilen derselben. In dem Sekret gewisser *Myriopoden* z. B. bei *Orya*, das auf lokale Reizung hin ausgeschieden wird und eine klare fadenziehende und klebrige Flüssigkeit darstellt, finden sich nach *Dubois*²⁾ eigentümliche eiweissähnliche Gebilde, welche er als „*vacuolides*“ bezeichnet. Diese sollen vor den Augen des Beobachters unterm Mikroskop aus dem kolloidalen Zustand in den krystallisierten übergehen und hiebei Licht entwickeln.

Von grosser Bedeutung ist ferner die meiner Meinung nach viel zu wenig berücksichtigte Tatsache, dass manche Gewebe oder Zellen selbst im toten Zustande zu leuchten vermögen. So werden Schriftzüge, wenn sie mit der Leuchtsubstanz von *Luciola italica* hervorgebracht werden, durch Anfeuchten wieder vom neuen leuchtend³⁾. Leuchtorgane von *Lampyrus noctiluca* auf das sorgfältigste getrocknet und im Vakuum aufbewahrt, leuchten nicht. Nimmt man sie aber heraus und befeuchtet man sie mit einem Tropfen destillierten Wasser, so kommt nach den Untersuchungen von *Bongardt*⁴⁾ das Licht wieder zum Vorschein. „Selbst solche Organe strahlen alsdann ein ziemlich intensives Licht aus, die ein Jahr lang im evakuierten Glasröhrchen aufbewahrt worden waren.“ *Cucujos* (*Elateniden*) mit destilliertem Wasser verrieben geben nach *Dubois* eine deutlich leuchtende Flüssigkeit, obwohl sich keine anatomischen Elemente darin vorfinden⁵⁾.

1) *Dubois, R., Leçons de physiologie etc. l. c.*

2) *Dubois, l. c. p. 427 u. ff.*

3) *Dittrich, R., l. c. p. 43.*

4) *Bongardt, J., Zur Biologie unserer Leuchtkäfer. Naturw. Wochenschr. vom 14. Febr. 1904. p. 309.*

Getrocknete und zerriebene Phyllirhoë leuchten im süßen Wasser wieder auf¹⁾).

Das Licht von Pholas¹⁾) hält sich bei vorhandener Feuchtigkeit bis zu zehn Tagen nach dem Tode des Tieres und kann nachher durch Anfeuchten wieder hervorgerufen werden.

Das Sekret gewisser Myriopoden kann, wenn man Filtrierpapier damit imprägniert, noch nach zwei Monaten durch Befeuchtung zum Leuchten angeregt werden²⁾).

In den eben angeführten Fällen kann man wohl nicht mehr von lebenden Zellen reden, sondern es bleibt nur die Annahme übrig, dass es sich hier um einen rein chemischen Prozess handelt, um eine Substanz, die bei Gegenwart von Wasser und freiem Sauerstoff sich oxydiert und dabei leuchtet. Hier liegt kein vitaler Prozess mehr vor, vom Leben ist, wie ich schon betont habe, nur die Entstehung des Photogens abhängig, das entstandene Photogen vermag aber auch unabhängig von der lebenden Substanz zu leuchten.

Was nun hier so klar und deutlich ist, warum sollte dies nicht auch bei anderen Organismen z. B. bei den Pilzen der Fall sein? Ich glaube, dass wir nunmehr, da zweifellos Fälle bekannt sind, wo leblose Sekrete oder Gewebe leuchten, es für sehr wahrscheinlich halten dürfen, dass es sich auch in anderen Fällen um einen chemischen Vorgang handelt, bei dem eine bestimmte Substanz, unser hypothetisches Photogen bei seiner Verbrennung Licht entwickelt. Welcher Art diese Substanz ist, ob bei den verschiedenen Licht entwickelnden Lebewesen immer ein und dasselbe Photogen gebildet wird, darüber lässt sich vorläufig nichts Bestimmtes sagen.

Wenn ich die in diesem Kapitel angeführten Tatsachen und Erwägungen überschaue, so komme ich resumierend zu folgenden Resultaten:

1. Das Leuchten der Pflanze vollzieht sich nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff, der Leuchtprozess beruht auf einer Oxydation. Schon ausserordentlich minimale Mengen von Sauerstoff vermögen das Leuchten zu unterhalten.

2. Vorläufig liegt kein zwingender Grund vor, von einer direkten Beziehung zwischen Atmung und Lichtentwicklung, geschweige denn von einer Lichtentwicklung durch Atmung zu sprechen.

3. Das Leuchten beruht höchstwahrscheinlich darauf, dass die lebende Zelle eine Substanz, das Photogen erzeugt, das

1) Dittrich, R., l. c. p. 43.

2) Dubois, R., l. c. p. 429.

bei Gegenwart von Wasser und freiem Sauerstoff zu leuchten vermag.

Es ist unrichtig, dass bei den Photobakterien und höheren Leuchtpilzen das Photogen ausgeschieden wird und **ausserhalb** der Zelle leuchtet, sondern die Lichtentwicklung findet hier **intrazellulär** statt.

Die **Entstehung** des Photogens ist vom Leben der Zelle abhängig, doch damit soll nicht gesagt sein, dass das **entstandene** Photogen nicht auch unabhängig von der leuchtenden Substanz leuchten könnte.

VII.

Die Eigenschaften des Pilzlichtes.

1. Die Farbe des Pilzlichtes.

Zunächst möchte ich eine von mir sehr oft gemachte Beobachtung mitteilen, die für die Beurteilung unseres Gegenstandes von grosser Wichtigkeit ist. Wenn man gut leuchtende Kulturen von *Bacterium phosphoreum* mit nicht ausgeruhtem Auge betrachtet, etwa indem man aus dem Tageslicht unmittelbar in die Dunkelkammer eintritt, so erscheint das Licht bläulichgrün oder geradezu smaragdgrün. Erwacht man aber in der Nacht, nachdem man einige Stunden geschlafen, und betrachtet man jetzt mit vollständig ausgeruhter Netzhaut im Finstern dieselben Kulturen, so erscheint das Licht nicht mehr blaugrün sondern gelblichweiss, der blaugrüne Ton ist nunmehr vollständig oder fast vollständig verschwunden. Verschiedene Personen, die ich darauf aufmerksam machte, bestätigten meine Wahrnehmungen, so dass es sich sicherlich nicht etwa nur um eine subjektive Eigentümlichkeit meiner Augen handelt.

Das Bakterienlicht ruft also in diesem Falle eine verschiedene Farbenempfindung hervor, je nach dem Zustand unserer Netzhaut, je nachdem sie ermüdet oder ausgeruht ist. Dasselbe habe ich auch bei anderen Bakterienarten wahrgenommen. Bei der Beurteilung des Pilzlichtes wird es sich daher empfehlen, stets auf den Zustand der Augen zu achten, denn ich bin sicher, dass die oft recht verschiedenen Angaben über die Lichtfarbe eines bestimmten Organismus unter anderm auf der Unkenntnis der oben mitgeteilten Beobachtung beruhen.

Dass das Licht verschiedener Bakterienarten nicht denselben Eindruck macht, lässt sich leicht feststellen, es geht dies auch aus den

verschiedenen Speziesnamen hervor, die man den Photobakterien gegeben hat. So beschreibt Katz¹⁾ einen *Bacillus cyaneo-phosphorescens*, einen *B. smaragdino-phosphorescens* und einen *B. argenteo-phosphorescens*, um den verschiedenen Farbenton zum Ausdruck zu bringen.

Von B. Fischer und anderen wurde angegeben, dass die grünliche Farbe des Lichtes sich nur auf Salznährböden zeigt, auf salzarmen Substrat (5 ‰ ClNa) aber eine mehr gelbliche und entschieden blässere Farbe Platz greift.

Ich selbst habe besonders bei der Kultur des *Bacterium phosphoreum* auf Salzkartoffeln und den Muskeln von Menschenleichen eine intensiv blaugrüne Farbe beobachtet, auch lässt sich leicht feststellen, dass manche Bakterienarten, die auf ihrem natürlichen Standorte z. B. auf der Oberfläche toter Fische ein silberweisses Licht erzeugen, bei der Kultur auf Salzpeptongelatine ein grünliches Licht aufweisen. Für die Lichtfarbe ist daher in manchen Fällen die Natur des Substrates nicht ohne Bedeutung.

Das Licht der einheimischen höheren Pilze (*Mycelium X* und *Hallimasch*) entbehrt namentlich in Reinkulturen des blaugrünen Stiches, es ist mattweiss und zumeist von geringerer Intensität als das Bakterienlicht. Nur bei vom *Hallimasch* infizierten stark leuchtenden Hölzern habe ich auch etwas von einem bläulichgrünen Tone gesehen. Hingegen produzieren manche tropische Hutpilze wie der von mir in Buitenzorg auf Java beobachtete *Agaricus* (p. 48) ein ausgesprochenes blaugrünes und so intensives Licht, dass es wohl mit dem stark leuchtender Bakterien erfolgreich konkurrieren kann.

Die Verschiedenartigkeit der Lichtfarbe könnte vorzugsweise zwei Ursachen haben. Sie könnte zunächst in einer Verschiedenheit der gebildeten Photogene liegen oder, so wie das grüne, gelbe, blaue oder weisse Licht der Tiere durch die Farbe und den Bau der Hautstellen, durch welche es dringt, beeinflusst wird, so könnte auch das Pilzlicht, welches ja intrazellulär entsteht, indem es die bei verschiedenen Pilzen verschieden gearteten Inhalte und Membranen der Zelle durchsetzt, erst neue Veränderungen erleiden und einen anderen Eindruck im Auge hervorrufen, ohne dass die Photogene sich voneinander unterscheiden müssen.

2. Die Art des Leuchtens.

Wenn wir von den Peridineen absehen, so leuchten die Pflanzen stets andauernd. Darin liegt ein auffallender Unterschied

¹⁾ Katz, O., l. c. p. 158.

gegenüber dem Leuchten der meisten Tiere. Es gibt zwar unter den Tieren auch solche, welche ein gleichförmiges, längere Zeit andauerndes Licht ausstrahlen wie manche *Lampyris*-Arten, allein im allgemeinen ist die Lichtentwicklung bei den Tieren nur auf relativ kurze Zeit, auf Minuten oder Sekunden beschränkt und erfolgt zumeist nur auf äussere Reize, so dass das Licht einen blitzartigen oder funkenartigen Eindruck macht. Ein solches momentanes Leuchten kommt unter den Pflanzen nur bei den Peridineen vor, die Bakterien und die höheren Pilzleuchten tage-, wochen-, monate-, ja unter bestimmten Bedingungen sogar jahrelang ohne Unterbrechung Tag und Nacht.

Strich- und Stichkulturen von *Bacterium phosphoreum* auf Salzpeptongelatine und in Salzmilch habe ich länger als ein Jahr leuchten gesehen, und wenn schliesslich ein Erlöschen eintritt, so ist dies nur auf mangelhafte Lebensbedingungen, auf Eintrocknen, auf zu starke Konzentration des Nährmediums und den Aufbrauch der Nahrung zurückzuführen.

Ungemein lang leuchtende Kulturen kann man in folgender Weise erhalten. Man beschickt einen möglichst grossen Erlenmeyerkolben mehrere Zentimeter hoch mit Salzpeptongelatine und impft im Zentrum mit einem einzigen Impfstich. Der nun entstehenden einzigen Kolonie steht das ganze Nährsubstrat zur Verfügung, die Kolonie breitet sich wachsend vom Mittelpunkt immer mehr aus, da aber die Ausbreitung nur sehr langsam erfolgt, so dauert die Lichtentwicklung sehr lange an. Ich habe derartige Kolonien 1—2 Jahre leuchten gesehen. Allerdings darf man aus diesem Experimente nicht schliessen, dass ein und dieselbe Bakterienzelle so lange leuchte, denn es vermehren sich die Bakterien vorwiegend an der Peripherie der Kolonie, hier sind sie im üppigsten Wachstum und in höchster Lebensenergie, auch werden sie hier durch die ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte am wenigsten gestört. Daher sieht man schon bei den nur eine oder wenige Wochen alten Kolonien das Zentrum viel weniger hell als die Peripherie und alte Kolonien gleichen deshalb mehr leuchtenden Ringen als leuchtenden Scheiben. Ich werde auf diesen Punkt noch bei der Photographie im Bakterienlicht zu sprechen kommen.

Analoges lässt sich auch von dem *Mycelium X* und dem Hallimasch sagen. Wenn das *Mycelium X*, wie ich nachweisen konnte, auf Brot in grossen Kolben 1—1½ Jahre andauernd leuchtet, so will ich damit nicht behaupten, dass ein und dieselbe Zelle so lange zu leuchten vermag; das trifft sicherlich nicht zu, sondern die Zellen werden im Zentrum des sich kreisförmig ausbreitenden Myceliums senil oder sie sterben ab,

an der Peripherie aber verjüngen sie sich beständig, wachsen weiter und produzieren Licht. Also nicht jede einzelne Zelle sondern die Kultur als solche leuchtet so lange. Immerhin wird die Leuchtdauer der einzelnen Pilzzelle auf viele Tage veranschlagt werden können. — Namentlich in der älteren Literatur findet sich nicht selten die Angabe, dass das Licht des faulen Holzes oder leuchtender Fische einen wallenden Charakter habe. So sagt Th. Hartig¹⁾ von einem leuchtenden weissfaulen Pappelholze: „Im dunklen Zimmer liess die Lupe in der erleuchteten nächsten Umgebung des Holzes eine scheinbar wallende Bewegung der Atmosphäre erkennen, ähnlich der, welche verdampfender Phosphor erzeugt, wenn man im dunkeln Zimmer diesen von einem Zündhölzchen auf eine warme Ofenplatte streicht, ohne das Zündhölzchen zu entzünden.“ — Auch Ludwig²⁾ will ein lebhaft scintillierendes, abwechselnd hellaufleuchtendes und verschwindendes Licht an Mycelstückchen von *Trametes pini* (?) gesehen haben. Von einer wallenden Bewegung habe ich, ich kann wohl sagen bei meinen nach Tausenden zählenden Bakterienkulturen und Hunderten leuchtender Holzproben nie das Geringste bemerkt. Stets erschien mir das Licht gleichmässig ruhig, niemals unruhig, funkelnd, wallend oder dampfförmig. Auch bei mikroskopischer Betrachtung (Vergrösserung 30—90) fand ich das Licht stets ruhig gleichmässig, niemals funkelnd oder wallend.

3. Bakterienlampen und die Möglichkeit einer praktischen Verwertung derselben.

Das relativ intensive Licht mancher Bakterienarten musste bald auf den Gedanken führen, ob es denn nicht möglich wäre, das Bakterienlicht in Form einer Lampe zu verwerten, und das Verdienst, den Versuch zuerst gemacht zu haben, eine solche Lampe zu konstruieren, gebührt Dubois³⁾. Sie besteht im wesentlichen aus einem grossen Glasgefäss mit flachem Boden, das mit leuchtender Bouillonflüssigkeit zum Teil gefüllt ist. Oben und seitlich hat das Glasgefäss je eine mit einem lockeren Baumwollpfropf verschlossene Öffnung. Eine die Oberseite des Glasgefässes bedeckende Zinnfolie dient als Reflektor. Will man die Lampe aufleuchten lassen, so hat man nur mittelst einer Kautschuckbirne von Zeit zu Zeit eine kleine Menge filtrierte Luft in die Bouillon

¹⁾ Hartig, Th., Bot. Zeitg. l. c. p. 148,

²⁾ Ludwig, F., Über die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie etc. Bd. I. (1884). p. 188.

³⁾ L'éclairage par les microbes. In „la nature“ 1901. p. 293—294. Dubois, R., Das kalte Licht. Die Umschau 1901. p. 1901. p. 221—224.

einzuführen. Eine solche Nachtlampe, sagt Dubois, „kann mehrere Nächte hintereinander im Gebrauche bleiben, ohne dass es nötig wäre, den Inhalt zu erneuern oder neue Nährflüssigkeit hinzuzufügen, sie ist von um so längerer Haltbarkeit, je weniger sie durch Luftzirkulation benutzt wird. Eine solche Lampe kann auch sehr wohl als Dunkelzimmerlampe bei photographischen Arbeiten benutzt werden“¹⁾. Diese Lampe erstrahlte ihrer inneren Einrichtung nach nur kurze Zeit in stärkerem Lichte, nämlich wenn in die Kulturflüssigkeit Luft eingeblasen wurde. Da infolge der intensiven Atmung der Bakterien der in einer Flüssigkeit absorbierte Sauerstoff nach kurzer Zeit wieder aufgebraucht wird, so erlischt das Licht alsbald, nur die oberste Schichte bleibt in Berührung mit der atmosphärischen Luft leuchtend. Um diesen Übelstand abzuhefen, benutzte Dubois²⁾ gelegentlich der letzten Weltausstellung in Paris (1900) zur Beleuchtung eines Saales im optischen Palast als Lampen Glasgefäße, deren innere Oberfläche mit einer Gelatinelage ausgekleidet und mit Meeresleuchtbakterien geimpft war.

Ohne von dieser letzteren Lampenart Kenntnis zu haben und ganz unabhängig davon habe ich schon vor zwei Jahren versucht, mir eine Bakterienlampe mit einer möglichst lang andauernden Leuchtkraft zu konstruieren, namentlich als ich in dem *Bacterium phosphoreum* eine Bakterie kennen lernte, die in unserer nächsten Umgebung so leicht zu beschaffen ist, und die durch die Intensität und Dauer ihres Lichtes alle bisher bekannten Photobakterien übertrifft. Ich verfuhr bei der Herstellung meiner Lampe in folgender Weise:

Ein 1—2-Liter Erlenmeyerkolben aus Glas wird mit etwa 200 bis 400 cm Salzpeptongelatine beschickt, mit einem Baumwollpfropf verschlossen und dann sterilisiert. Nach Abkühlung, und bevor die Gelatine wieder erstarrt, wird von einer jungen, gut leuchtenden Kultur des *Bacterium phosphoreum* mittelst einer Platinnadel geimpft und der Kolben dann in fast horizontaler Lage und unter langsamer Drehung im Strahle eines Wasserleitungshahnes gekühlt, wobei die Gelatine an der ganzen inneren Oberfläche nach wenigen Minuten erstarrt. Der ganze Kolben ist dann mit einer mehr oder minder dicken Gelatineschichte allseits ausgekleidet, auch der Pfropf kann mit dem Nährsubstrat getränkt werden, da er ganz besonders schön leuchtet. Bei Aufenthalt des Kolbens in einem kühlen Zimmer entwickeln sich schon nach 1 bis 2 Tagen an der ganzen Innenwand so reichlich Kolonien, dass der Kolben dann in wunderschönem bläulich-grünem Lichte erglänzt und mit seinem ruhigen matten Glanze einen herrlichen Anblick darbietet.

¹⁾ Dubois, R., l. c. p. 223.

²⁾ Derselbe, La nature. l. c. p. 294.

Die Figur 1 stellt eine Photographie meiner Bakterienlampe in ihrem eigenen Lichte dar. Der Kolbenhals erscheint mit Ausnahme seines Randes dunkel, weil der vorhandene Baumwollenpfropf nicht leuchtete. Die ganze Innenwand zeigt die leuchtenden Kolonien bei genauer Betrachtung als kleine Ringe, weil der Rand der Kolonien stärker leuchtet als das Zentrum. Die Exposition betrug in diesem Falle zwölf Stunden; doch genügt schon $\frac{1}{4}$ Stunde Exposition, um die Umrisse der Lampe und die Kolonien deutlich auf dem Negativ zum Vorschein kommen zu lassen. Meine Lampe hat bei Deponierung in einem Raume von etwa 10° C. die ausgezeichnete Eigenschaft, durch etwa 14 Tage relativ intensiv und später mit abnehmender Helligkeit zu leuchten. Ihr Licht gestattet, die Taschenuhr, die Skala des Thermometers abzulesen, groben Druck zu entziffern, das Gesicht einer Person auf 1—2 Meter zu erkennen. Als ich in finsterner Nacht die Lampe auf ihre Helligkeit in einem Garten prüfte, konnten verschiedene Personen ihr Licht noch auf 64 Schritte deutlich wahrnehmen. Man kann die Lampe zur Not als Nachtlampe benützen, um Gegenstände im finsternen Zimmer zu finden, wie denn überhaupt die grosse Billigkeit, die lange ununterbrochene Leuchtdauer, die Geruchlosigkeit und die Gefahrlosigkeit dieses kalten Lichtes den Gedanken näher rücken, dass das Bakterienlicht einmal auch eine praktische Bedeutung gewinnen dürfte, ähnlich wie dies ja bei manchen tropischen leuchtenden Käfern schon lange der Fall ist.

Gewisse Elateriden (Käfer), allen voran der auf den Antillen so häufig vorkommende *Pyrophorus noctilucus* haben durch ihr Leuchtvermögen seit jeher die Aufmerksamkeit der Beobachter erregt. Sie finden sich vorzugsweise am Rande der Wälder und in der Nähe der Zuckerrohrfelder, beginnen abends zu fliegen und bieten, indem sie gleich besetzten Sternen die dunkle Nacht erhellen, dem staunenden Auge einen feenhaften Anblick. Zur Zeit der Eroberung der neuen Welt dienten sie daselbst den Eingeborenen zu verschiedenen Zwecken¹⁾: zum Fischfang, zur Jagd und zur Zeit des Krieges als optischer Telegraph, zumal das Käferlicht weder durch den Wind noch durch den Regen verlöscht wurde. An der Stubendecke befestigt dienten sie zur Beleuchtung und zur Abhaltung von Schlangen. Bei ihren Festen rieben die Eingeborenen das Gesicht mit den leuchtenden Käfern ein und verschafften sich so eine leuchtende Maske von eigenartigem Effekt. In Mexiko benützen die Frauen die *Pyrophori* gleich leuchtenden Edelsteinen als Schmuck und die ersten Missionäre auf den Antillen bedienten sich in Ermangelung von Kerzen der Käfer zum Lesen der Frühmesse.

¹⁾ Dubois, R., *Leçons de physiologie etc.* l. c. p. 341.

Nach Alex. v. Humboldt dienen gewisse Elateriden, die die Spanier Cucujos nennen, in den Hütten armer Landleute als Leuchte. „Zirka ein Dutzend Cucujos in einer durchlöchernten Kürbisflasche dienen in Hütten armer Landleute als Nachtlampen, und wird das Licht schwächer, so darf man nur rütteln, wo durch das Irritieren der Tiere das Licht wieder weit stärker wird“. Der genannte Autor erzählt, dass die Mütter dieses Licht benutzen, um den Kindern zur Nachtzeit die Brust zu reichen; ferner verbieten oft die Kapitäne der Schiffe, ein anderes Licht ausser der Käferbeleuchtung des Nachts zu gebrauchen, um von den gefürchteten Korsaren nicht beobachtet zu werden. Humboldt selbst benützte auch diese Beleuchtung bei seinem Besuche der Luftvulkane von Turbaco, um eine Entzündung der brennbaren Gase zu vermeiden ¹⁾).

Auch Heller kam auf Grund seiner Versuche mit leuchtendem Holz und leuchtenden Fischen zu der Überzeugung, dass das Licht von Lebewesen auch für das praktische Leben von Wichtigkeit werden könnte, z. B. zur Beleuchtung von solchen Räumen, wo eine sehr mässige, aber ununterbrochene Beleuchtung erforderlich ist und wo eine mit Wärmeentwicklung verbundene Beleuchtung auszuschliessen wäre, wie in Pulvermühlen, Pulvermagazinen, in Kohlenbergwerken wegen der schlagenden Wetter und auf Schiffen. Bekanntlich machen an den Seeküsten die Fischer von leuchtenden Seefischen schon lange Gebrauch zum Fangen von Seekrebsen, Hummern und Krabben, indem sie frisch getötete, abgezogene Seefische etwa 24 Stunden an die Luft legen und den Fisch dann, sobald er leuchtend geworden, in einen Korb bringen und als leuchtenden Köder ins Meer versenken. Jetzt, wo wir das Bakterienlicht in Form einer viel intensiver leuchtenden Lampe verwenden können, hat eine praktische Verwertung des „lebenden“ Lichtes noch mehr Aussicht auf Erfolg und ich zweifle nicht, dass beim Fischfang im Meere meine Bakterienlampe mit Erfolg wird benutzt werden können. Dies alles unter der Voraussetzung, dass man sich hiezu intensiv leuchtender Bakterien bedient, und dass man für das Leuchten die günstigsten Bedingungen schafft, denn die Lichtintensität schwach leuchtender Bakterien ist, wie Messungen Lodes ergeben haben, auffallend gering.

A. Lode²⁾ bediente sich des Bunsenschen Fettfleckphotometers, um die optische Lichtintensität von Leuchtbakterien zu bestimmen. Ent-

¹⁾ Zitirt nach J. F. Heller, l. c. p. 204.

²⁾ Lode, Alois, Versuche, die optische Lichtintensität bei Leuchtbakterien zu bestimmen. Zentralbl. für Bakteriologie etc. I. 35. Bd. p. 524—527.

sprechend dem geringen Leuchtvermögen der Bakterien wurde die Methode Bunsens in passender Weise modifiziert und als Vergleichsflamme nicht die Paraffinnormalkerze, sondern eine zehnerkerzige, durch Milchglas und Irisblende verdunkelbare Glühlampe verwendet. Als Leuchtbakterien benützte der Verfasser sechs Vibrionenstämme von mehr minder intensiver Leuchtkraft, gezogen auf Nähragar in möglichst grossen Kolonien. Die gewonnenen Zahlen waren ausserordentlich klein, die Lichtintensität betrug, bezogen auf 1 qmm der Kolonie im günstigsten Falle bei *Vibrio Rumpel* 0,000000000785 Hefnersche Lichteinheit. Um sich eine anschaulichere Vorstellung von der geringen Lichtintensität dieser Leuchtbakterien zu machen, versucht Lode zu berechnen, wie gross die Kolonienfläche sein müsse, die eine bekannte Lichtmenge, etwa die einer Normalkerze, ausstrahlt. Er erhält für unseren Fall als

$$\begin{aligned}\text{Lichtintensität pro qmm} &= 0,000000000785 \text{ Hefnerkerzen,} \\ \text{daher pro qm} &= 0,000785 \text{ Hefnerkerzen,} \\ \text{daher pro 1000 qm} &= 0,785 \text{ Hefnerkerzen} \\ &= 0,562 \text{ deutsche Normalparaffinkerzen.}\end{aligned}$$

Um daher die Helligkeit einer Normalkerze durch Leuchtbakterien zu erzielen, bedarf es nach Lode einer Kolonienfläche von 2000 qm. Dies spricht allerdings nicht dafür, dass die Leuchtbakterien ein praktisch verwertbares Licht abgeben könnten, allein mir scheint, dass das Ergebnis der Intensitätsbestimmung nicht gar so niedrig ausgefallen wäre, wenn der Verfasser sich zu seinen Bestimmungen nicht bloss der Photovibrionen, sondern auch des stark leuchtenden *Bacterium phosphoreum* oder anderer intensiv leuchtender Bakterien bedient hätte.

Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, dass man vielleicht durch künstliche Zuchtwahl die Intensität des Bakterienlichtes noch wird steigern können. Indem man unter Tausenden von leuchtenden Kolonien, einer an und für sich schon stark leuchtenden Bakterienart, die am intensivsten leuchtenden auswählt und unter ihren Nachkommen wieder die gleiche Auswahl trifft, könnte es ja, namentlich in Anbetracht der hier so raschen Aufeinanderfolge der Generationen in verhältnismässig kurzer Zeit gelingen, besonders intensiv leuchtende Rassen zu züchten.

Beijerinck¹⁾ gibt bereits an, dass er durch fortgesetzte Selektion der stärker leuchtenden Kolonien von *Photobacterium indicum* anscheinend etwas besser leuchtende Nachkommen erhalten hat.

¹⁾ Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc. l. c. p. 7.

Auch steht, da die Zusammensetzung des Substrates von grossem Einfluss auf die Leuchtkraft der Bakterien ist, zu hoffen, dass man in Zukunft durch eine bestimmte Qualität der Nährstoffe, durch Zusatz bestimmter Stoffe oder durch andere Faktoren das Mass der Lichtentwicklung wird steigern können. Vielleicht wird manchem der Leser das Gesagte wie allzu optimistisch gefärbte Zukunftsmusik klingen, allein wer vermag sich der Hoffnung zu verschliessen, wenn man bedenkt, welch grossartige Errungenschaften sich aus dem einfachen Bernsteinexperiment und aus dem Voltaschen Grundversuch im Laufe der Zeit ergaben und wie oft ganz unscheinbare Erscheinungen später sehr grosse Bedeutung erlangt haben? In nicht ferner Zeit hoffe ich bereits über eine verbesserte Bakterienlampe von stärkerer Lichtintensität berichten zu können. — Von wesentlicher Bedeutung bei einer eventuellen praktischen Verwendung des Pilzlichtes ist die Eigenschaft, dass wir es hier mit einem kalten Licht zu tun haben, das entweder keine oder nur sehr geringe Mengen von Wärmestrahlen enthält. Dies scheint auf den ersten Blick der Annahme, dass es sich beim Leuchtprozess der Pflanze um einen Oxydationsprozess handle, zu widersprechen, allein das kalte Licht wird erklärlich, wenn man bedenkt, dass auch bei den von Radziszewski aufgefundenen leuchtenden Substanzen der Verbrennungsprozess äusserst langsam vor sich geht und sich an ausserordentlich geringen Mengen abspielt¹⁾.

Diese geringe Menge von Wärmestrahlen ist offenbar auch schuld daran, dass selbst das Licht mehrerer grosser Bakterienlampen nicht instande ist, ein empfindliches Radiometer in Bewegung zu setzen.

Auch war es mir nicht möglich, mittelst Bakterienlicht eine Phosphoreszenz von Leuchtpulvern hervorzurufen, obwohl diese für Sonnen- und Lampenlicht sehr empfindlich waren.

4. Das Spektrum des Pilzlichtes.

Begreiflicherweise hat das eigentümliche Licht, welches von Lebewesen ausgeht, auch verschiedene Forscher angeregt, seine spektrale Zusammensetzung zu erforschen, und mit Rücksicht auf die chemischen und physiologischen Leistungen des Pilzlichtes ist es auch in hohem Grade wünschenswert, das Pilzlicht nach seiner Zusammensetzung zu kennen.

Achard²⁾ hat in seiner Abhandlung über das Leuchten des faulen Holzes als besondere Eigenschaft hervorgehoben, dass das Holzlicht „nicht

¹⁾ Radziszewski, B. l. c. p. 331.

²⁾ Achard, Nouv. Mém. de l'akad. Roy. de Berlin 1788. p. 98.

durch gefärbte Gläser dringt und sich durch ein Glasprisma nicht in Farben zerlegen lässt.“ Einen ähnlichen Irrtum begeht Murray, wenn er 1827 bemerkt, dass das Licht der Lampyriden einfarbig sei und durch das Prisma keine Zerlegung erfahre¹⁾).

Aber schon Ludwig²⁾, der zuerst die Spektren des Pilzlichtes genauer untersuchte, hat auf den Irrtum Achards aufmerksam gemacht. Er hat sowohl das Licht von Bakterien wie höherer Pilze mittelst eines Sorby-Browningschen Mikrospektralapparates und mittelst farbiger Gläser geprüft und das Spektrum des Hallimasch wie des Micrococcus Pflügeri kontinuierlich gefunden; bei dem ersteren von 45—76 der Sorby-Brownischen Skala (für D = 50, E = 72,1, C = 76,1) und bei dem letzteren von der Fraunhoferschen Linie *b* bis ins Violette.

Forster³⁾ hat unterstützt von Engelmann eine mikrospektrometrische Untersuchung des Lichtes einer Bakterie vorgenommen, die er von leuchtenden Seefischen rein gewonnen hatte. „Im Dunkelmzimmer und in dem Engelmannschen Dunkelkasten mit Zeiss-Abbes Mikrospektralokular und der obersten Linse von Obj. 3 Leitz bei einer Spaltweite von $\frac{1}{3}$ mm beobachtet, nimmt man von einer etwa 1 mm im Durchmesser haltenden Kolonie ein anscheinend kontinuierliches Spektrum zwischen λ 0,58—0,43 wahr, dessen Helligkeit etwa bei 0,48—0,51 am stärksten ist und nach dem roten Ende zu rascher als nach dem violetten abnimmt. Das Spektrum eines schwachen galvanischen Glühlichtes (nach Engelmanns Konstruktion) von etwa der gleichen Gesamthelligkeit erschien gegen das des Bakterienlichtes weit nach rot hin verschoben; das Maximum der Helligkeit lag hiefür etwa bei λ 0,60, während bereits bei λ 0,50 kein Licht mehr wahrzunehmen war. Die geringe Ausdehnung des Bakterienpektrums nach rot und violett beruht übrigens wesentlich wohl auf der Lichtschwäche des erhaltenen Spektrums. Farbenunterschiede innerhalb des Spektrums sind nicht zu erkennen, dagegen erscheinen, ohne Prisma betrachtet, die leuchtenden Kolonien grünlich oder selbst grünlichbläulich.“

Die relativ grosse Leuchtkraft des *Bacterium phosphoreum* sowie der Besitz von verschiedenen Photobakterien und höheren Leuchtpilzen in Reinkulturen regte mich gleichfalls an, das Spektrum des Pilzlichtes einer vergleichenden Untersuchung zu unterwerfen. Zur Prüfung der

¹⁾ Dittrich, R., Über das Leuchten der Tiere. I. c. p. 25.

²⁾ Ludwig, F., Über die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie etc. Bd. I. 1884. p. 181—190.

³⁾ Forster, J., Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie etc. 1887. II. Bd. p. 339.

spektralen Zusammensetzung des Pilzlichtes benützte ich das neue Vergleichsspektroskop¹⁾ aus der Werkstätte von Zeiss, welches die angenehme Eigenschaft besitzt, dass man die Wellenlänge des Lichtes an einer Skala direkt ablesen kann und gleichzeitig ein Vergleichsspektrum erblickt. Das Arbeiten mit diesem Spektroskop ist überhaupt im Vergleich zu anderen analogen Apparaten sehr bequem und angenehm.

Man kann die Leuchtkulturen in der Dunkelkammer entweder direkt unter die Öffnung des Spektroskops bringen, oder es wird die Kultur behufs Abhaltung fremden Lichtes auf den Boden eines kleinen, lichtdichten Gefässes gebracht, das oben eine Linse trägt. Sie bewirkt, dass die eine Spalthälfte des Spektroskops von dem Pilzlichte gleichmässig ausgefüllt wird. Vor der Untersuchung wird der obere Teil des Spektroskops bis zur Berührung der erwähnten Linse herabgedrückt. Für das Vergleichsspektrum muss, da die Spektren des Pilzlichtes lichtschwach sind und infolge dessen auch gewöhnlich keine Farben zeigen, eine äusserst schwache Lichtquelle verwendet werden. Ich benütze hiezu die nur wenig leuchtende blaue Flamme eines Bunsenbrenners, die eben auch noch ausreicht, die Wellenskala genügend zu beleuchten. Infolge der geringen Lichtintensität der Spektren ist es meiner Meinung nach, selbst bei sehr langem Verweilen im Finstern, nicht gut möglich, ihre Ausdehnung mit der grössten Genauigkeit anzugeben, die angegebenen Werte dürfen daher nur als approximative betrachtet werden. Ich betone diesen Punkt ausdrücklich, weil er gewöhnlich nicht genügend hervorgehoben wird, und weil ich nicht den Anschein erwecken will, als ob sich die Grenzen der Pilzlicht-Spektren bis auf einzelne Teilstriche der Wellenlängenskala genau bestimmen liessen. Ich habe nur den sichtbaren Teil des Spektrums geprüft. Es wäre sicherlich auch von grossem Interesse, nachzusehen, ob sich nicht auch ultraviolette Strahlen im Pilzlichte vorfinden, doch stellten sich gerade diesem Beginnen so grosse experimentelle Schwierigkeiten entgegen, dass ich vorläufig davon absehen musste, darauf näher einzugehen.

Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch.

Junge, nur 3—6 Tage alte Gelatine-Strichkulturen von grosser Leuchtkraft in Petrischalen dienten zur Untersuchung. Die Kultur kam entweder nach Abhebung der oberen Schale direkt zur Betrachtung, oder es wurde ein möglichst grosses Stück der leuchtenden Gelatine in das oben erwähnte lichtdichte Gefäss gebracht und auf die Linse desselben

¹⁾ Eine genaue Beschreibung dieses Apparates gab F. Kohl in Bot. Zentralbl. 1898. Bd. LXXIII. p. 349.

eingestellt. Das kontinuierliche Spektrum erstreckt sich von λ 570 bis λ 450, es umfasst neben gelben und blauen Strahlen hauptsächlich grüne. Das ganze Spektrum erscheint matthell. (Fig. 13 II.)

Bacterium phosphorescens Fischer.
(Photobacterium phosphorescens Beijerinck).

Das Spektrum des Lichtes dieser Bakterie stimmt mit dem der vorigen Art überein. Die Ausdehnung ist ebenso gross, das Licht etwas schwächer.



Fig. 13.

- I Spektrum vom Sonnenlicht.
- II „ von Bacterium phosphoreum.
- III „ „ Mycelium X.
- IV „ „ Pyrophorus noctilucus.
- I—III Original, IV nach Langley und Vary.

Bacillus photogenus Molisch.

Wenn man junge stark leuchtende Strichkulturen dieser Bakterien verwendet, so erweist sich das Spektrum bezüglich seiner Ausdehnung als identisch mit dem der vorigen Arten. Es lässt sich dies am besten beurteilen, wenn man die Spektren je zweier Bakterien direkt im Spektroskop vergleicht.

Mycelium X.

Das matte Licht des schneeweißen Mycelium gibt im Vergleiche zu den geprüften Bakterien ein viel schmäleres Spektrum. Fig. 13 III. Es reicht von 570 bis 480. Die grösste Helligkeit herrscht im Grün. Untersucht wurde eine Reinkultur auf Brot.

Wenn wir die Werte über die Ausdehnung der einzelnen Pilzlichtspektra zusammenstellen, so ergibt sich für

<i>Bacterium phosphoreum</i> (Cohn) Molisch	λ 570 — λ 450
<i>Bacterium phosphorescens</i> Fischer	λ „ — λ „
<i>Bacillus photogenus</i> Molisch	λ „ — λ „
<i>Mycelium</i> X	λ 570 — λ 480

Als ich meine Untersuchungen über das Spektrum des Bakterienlichtes beendet hatte, entdeckte ich auf Seefischen aus der Adria und der Nordsee eine neue Bakterie (*Bacillus lucifer*)¹⁾ von einer Leuchtkraft, die noch die des *Bacterium phosphoreum* um ein Bedeutendes übertraf. Ihr Licht war wunderbar blaugrün und schon bei Tage im Schatten eines Zimmers deutlich erkennbar. Das Spektrum hatte ungefähr die Ausdehnung desjenigen von *Bacterium phosphoreum*, allein da das Licht viel intensiver war, konnte man im Spektrum auch Farben unterscheiden: Grün, Blau und etwas Violett. Dies ist der erste Fall, dass im Spektrum des Lichtes einer Pflanze Farben gesehen wurden. Mehrere Personen, denen ich das Spektrum demonstrierte, bestätigten durchwegs meine Beobachtungen.

Es zeigt sich, dass die Spektra aller geprüften Pilze kontinuierlich²⁾ ohne dunkle Linien sind, dass sie, abgesehen von der oben erwähnten Ausnahme, wegen ihrer geringen Lichtintensität keine Farben erkennen lassen, dass das Spektrum der genannten Bakterien nach dem violetten Ende eine grössere Ausdehnung aufweist, als das von höheren Pilzen, und dass im Pilzlichte neben den mehr zurücktretenden gelben und blauen Strahlen die grünen dominieren. Es ist bemerkenswert, dass auch in dem Lichte von *Pyrophorus noctilucus*, also im Lichte eines Käfers³⁾, und bei anderen Tieren, die grünen Strahlen überwiegen. Zur Veranschaulichung des Gesagten vergleiche man die Fig. 13.

1) Vergleiche meine demnächst erscheinende Abhandlung: Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. I. c.

2) Becquerel hat für das Licht zahlreicher Tiere (*Lampyrus*, *Pyrophorus*, *Lumbricus*, *Pholas*, *Pyrosoma*, *Pelagia noctiluca*, *Alegone papillosa* und *Umbellularia*) schon früher denselben Satz aufgestellt. La lumière 1867. I., p. 419.

3) Verworn, M., Allgem. Physiologie. 4. Aufl. Jena 1903. p. 270.

5. Die photographische Wirkung.

Bereits von mehreren Forschern wurden Versuche unternommen, im Bakterienlichte zu photographieren.

Wie ich aus einer Mitteilung von J. Forster¹⁾ entnehme, war es zuerst van Haren-Noman gelungen, Platten- und Strichkulturen von Leuchtbakterien nach mehrstündiger Exposition zu photographieren.

Gute Bilder erhielt auch B. Fischer²⁾ mit Kulturen von drei verschiedenen Photobakterien, doch waren hierzu recht intensiv leuchtende Kulturen, sehr empfindliche Platten und eine lange Belichtung (12–36 Stunden) erforderlich. Die Bilder liessen nicht bloss die Kulturen sondern auch die Umrisse der Reagensröhrchen und der Doppelschalen erkennen. An der Photographie eines leuchtenden Herings konnte man deutlich die einzelnen Schuppen sehen. Als eine Taschenuhr, von zwei Strichkulturen beleuchtet, photographiert wurde, konnte man die Stellung der Zeiger im Bilde gut ablesen.

Die besten Resultate in der Herstellung von Photographien im Bakterienlichte verdanken wir R. Dubois. Schon im Jahre 1886 hatte er mit Hilfe leuchtender Pyrophorus-Arten³⁾ Photographien von den Büsten Claude Bernards und P. Perts hergestellt und später gelang es ihm auch scharfe Bilder im Bakterienlichte zu erzeugen⁴⁾. Er umgab die Büste Claude Bernards mit 13 leuchtenden Kolben, exponierte durch einige Stunden die photographische Platte und erhielt ein gelungenes Bild, welches die Leuchtgefässe und die Büste erkennen liess.

Barnard⁵⁾ erzeugte hübsche Photographien von leuchtenden Strich- und Plattenkulturen sowie von einem mit leuchtender Bouillon erfülltem Glaskolben.

Ich selbst habe die Einwirkung des Bakterienlichtes auf die photographische Platte eingehend studiert⁶⁾ und teile darüber folgendes mit.

Ich benützte für meine Versuche ein Zeiss'sches Objektiv und zwar das Unar mit relativer Öffnung 1:5 und 210 mm aequ. Brennweite. Für meine Zwecke war in Anbetracht der relativ geringen Lichtintensität des Pilzlichtes ein sehr lichtstarkes Objektiv notwendig, das

¹⁾ Forster, J., Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie etc. Bd. II. p. 337.

²⁾ Fischer, B., Ebenda. II. Jahrg. 1888. III. Bd. p. 140 u. IV. Bd. p. 89.

³⁾ Dubois, R., Les élatérides lumineux, Paris 1886.

⁴⁾ Dubois, R., Das kalte Licht. Umschau 1901. p. 221–224.

⁵⁾ Barnard, J. E., Luminous Bacteria. Nature 1902.

⁶⁾ Molisch, H., Bakterienlicht und photographische Platte. Sitzber. d. kais. Akad. zu Wien. Bd. CXII. Abt. I. 1903. p. 297–315. Vergl. auch Nadson, G., Sur la phosphorescence de bactéries. Petersburg 1903.

gleichzeitig eine starke Annäherung an den zu photographierenden Gegenstand gestattete. Das Unar von Zeiss entsprach nach beiden Richtungen in vortrefflicher Weise.

Bezüglich der Versuchsanstellung sei noch bemerkt, dass alle photographischen Versuche in einer exakt eingerichteten Dunkelkammer ausgeführt wurden. Zur Verwendung gelangten meist Schleussners Gelatine-Emulsionsplatten 9×12 . Als Lichtquelle diente, wofern nicht etwas anderes bemerkt wird, das Licht von *Bacterium phosphoreum*, rein gezüchtet auf Salzpeptongelatine.

a) Photographien von Bakterien in ihrem eigenen Lichte.

Fig. 2, Tafel I zeigt uns die Photographie einer Petrischale mit sechs Tage alten, prachtvoll leuchtenden Kolonien des *Bacterium phosphoreum* nach 15stündiger Expositionszeit. Es erscheinen nicht bloss die Kolonien mit aller nur wünschenswerter Schärfe, sondern auch die Umrisse der Petrischale. Sollen diese sichtbar werden, muss man für einen hellen Hintergrund der Schale sorgen. Man erreicht dies in bequemer Weise, indem man die Kulturschale in ein kleines, aufrecht stehendes Kästchen stellt, dessen offene innere Oberfläche ganz mit weissem Papier ausgeklebt war. So kann das Bakterienlicht nicht frei in den finsternen Raum der Dunkelkammer ausstrahlen, sondern wird von den weissen Wänden des Kästchens auf das Kulturgefäss derart reflektiert, dass die Umgebung der Schale stark erhellt wird, dass Spiegelungen und Reflexe erzielt und die Umrisse der Schale deutlich markiert werden.

Die um die Kolonien auftretenden Lichthöfe könnten vielleicht den Gedanken erwecken, dass nicht bloss die Kolonien leuchten, sondern dass diese durch Ausscheidung einer bestimmten Substanz auch ihre nächste Umgebung leuchtend machen. Man kann sich leicht überzeugen, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass die Lichthöfe durch Lichtreflex zustande kommen. Stellt man im Finstern eine Petrischale mit leuchtenden Kolonien zur Hälfte auf weisses, zur Hälfte auf schwarzes Papier und betrachtet man sie mit wohl ausgeruhtem Auge, so sieht man bei den über dem weissen Papier befindlichen Kolonien wegen des Lichtreflexes deutliche Lichthöfe, bei den anderen aber nicht.

Schon eine Expositionsdauer von 5 Minuten genügt, um die Kolonien zu photographieren. Dann erscheinen aber die Kolonien nicht als gleichmässig helle Scheiben, sondern gewissermassen als Ringe oder, genauer gesagt, als Scheiben, deren Umfang viel heller ist als das Innere. Die Kolonien leuchten nämlich an ihrer Peripherie, wo die Vermehrung

und das Wachstum der Bakterien vorwiegend stattfindet, und ihre Lebensenergie eine viel grössere ist als im Innern, stärker. Bei alten, gross gewordenen Kolonien sieht man dies mit freiem Auge direkt, junge Kolonien aber erscheinen dem Auge längs ihrer ganzen Ausbreitung gleich hell; dass hier der Rand auch stärker leuchtet, lehrt uns erst die Photographie z. B. Fig. 3, Tafel I, welche eine zehn Tage alte Kolonie von *Bacterium phosphoreum* im vergrösserten Massstabe darstellt.

Auch von Strichkulturen erhält man schon nach $\frac{1}{4}$ Stunde deutliche Bilder. Soll aber im Bilde auch die Eprouvette mit dem Baumwollpfropf erscheinen, so muss für einen weissen Hintergrund gesorgt, und der Pfropf mit Leuchtbakterien getränkt werden. Durch Bestreichen der Rückseite der Platten mit Solarin können die Lichthöfe um die Eprouvette leicht vermieden werden. Die Fig. 4, Tafel I zeigt eine gelungene Photographie einer Strichkultur nach sechsständiger Belichtung.

b) Photographien von Gegenständen im Bakterienlichte.

Mit der Schaffung einer guten und andauernd leuchtenden Bakterienlampe war auch die Möglichkeit gegeben, in bequemer Weise andere Gegenstände als die leuchtenden Bakterien selbst zu photographieren. Ich verfuhr dabei in folgender Weise: Eine 60 cm hohe und 60 cm breite Holzkiste ohne Deckel wurde in der Dunkelkammer auf den Tisch aufgestellt, nachdem ihre Innenwand mit weissem Papier vollständig ausgekleidet worden war. In dieser Kiste wurden neun gut leuchtende Bakterienlampen von je 1 l Volum untergebracht und zwar wurden sechs an dem oberen Kistendeckel aufgehängt und drei seitlich horizontal gelegt, um das Objekt namentlich von oben und von einer Seite zu beleuchten. An die Rückwand kam der zu photographierende Gegenstand zu stehen. In dieser Kiste herrschte für das ausgeruhte Auge ein Licht, das mit seinem weichen und milden Ton am besten mit dem einer hellen Vollmondnacht zu vergleichen war.

Mit Hilfe des eben beschriebenen Arrangements wurden folgende Gegenstände im Bakterienlicht photographiert.

Fig. 5, Tafel I stellt die Photographie einer aus weissem Porzellan bestehenden Schiller-Büste dar nach 15ständiger Expositionszeit.

Fig. 6, Tafel II zeigt eine Thermometerphotographie nach vierzehnstündiger Belichtung. Das Bild lässt an Schärfe nichts zu wünschen übrig, denn man kann bequem die Ziffern und Buchstaben, ja sogar den Quecksilberstand an der Skala ablesen.

Fig. 7, Tafel II ist die Photographie einer Buchdruckprobe nach 12ständiger Exposition.

Will man scharfe und gute Bilder erhalten, so muss die Platte mehrere Stunden exponiert werden, allein es sei ausdrücklich hervor-gehoben, dass unscharfe Bilder schon nach $\frac{1}{4}$ bis einer Stunde gewonnen werden können.

Dass das Bakterienlicht aber unter bestimmten Verhältnissen die photographische Platte schon nach ganz kurzer Zeit beeinflussen kann, zeigt sich, wenn man eine gut leuchtende Strichkultur auf einen undurchsichtigen, mit kreisförmigen Ausschnitten versehenen Karton, der eine lichtempfindliche Platte bedeckt, direkt auflegt.

Fig. 8, Tafel II zeigt die Wirkung des Bakterienlichtes nach einer Belichtung von 60, 30, 10, 5, 3 und 1 Sekunde und sie liefert den Beweis, dass das Bakterienlicht schon nach einer Sekunde eine deutliche Schwärzung hervorrufen kann.

Um wieviel schwächer das Licht der höheren Pilze auf die Platte wirkt, geht aus der Tatsache hervor, dass schön leuchtendes Mycelium X nach $\frac{1}{4}$ Stunde noch gar keinen merkbaren Einfluss auf Schleussnerplatten derselben Art ausübt, sondern erst nach etwa einstündiger Einwirkung. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass im Lichte von Mycelium X viel weniger blaue Strahlen vorhanden sind und das Spektrum nach der blauen Hälfte viel weniger weit reicht als das Bakterienspektrum.

Mit Hilfe dieser Methode wäre es möglich, die Intensität der photographisch wirksamen Strahlen des Pilzlichtes bei verschiedenen Pilzarten messend zu vergleichen.

6. Über die angebliche Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht nebst Bemerkungen über das Johanniskäferlicht¹⁾.

In einer Zeit, da die Röntgen- und Becquerelstrahlen und eine Reihe von radioaktiven Elementen entdeckt worden sind, die durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte einwirken, hat man sich begreiflicherweise auch gefragt, ob nicht auch von Lebewesen ausstrahlendes Licht analoge Wirkungen auszuüben imstande wäre. Mit einer gewissen Leidenschaftlichkeit wurde förmlich Jagd gemacht auf geheimnisvolle Strahlen; sogar im gewöhnlichen Sonnenlicht oder dem einer Petroleumflamme wollte Le Bon²⁾ gewisse Strahlen, das „schwarze Licht“, entdeckt haben, welches durch opake Körper

¹⁾ Die folgenden Angaben dieses Kapitels sind unverändert meiner Abhandlung über „Bakterienlicht und photographische Platte“ l. c. p. 9 entnommen.

²⁾ Le Bon, Gustave, La lumière noire. Comptes rendus CXXII. T. 1896. p. 188, 233, 386, 462, 522 et 1054.

hindurch auf die photographische Platte wirkt. Allein durch die Untersuchungen verschiedener Forscher und insbesondere von d'Arsonval¹⁾ wurde gezeigt, dass es sich in den Versuchen von Le Bon nicht um „schwarzes Licht“ handle, sondern um eine Art Nachleuchten, und dass die fluoreszierenden Körper, namentlich die gelbgrün leuchtenden Gläser, Strahlen auszusenden vermögen, die dunkle Körper ähnlich wie die Röntgenstrahlen zu durchdringen vermögen.

Für uns von ganz besonderem Interesse ist die Behauptung Dubois vom Bakterienlichte: „Seine Durchdringungskraft ist dagegen ähnlich den Röntgenstrahlen sehr erheblich, indem undurchsichtige Körper, wie z. B. Holz, Karton etc., kein Hindernis für die Erzeugung eines Bildes sind; dagegen vermag es auch das dünnste Aluminiumblättchen nicht zu durchdringen“²⁾. Auf Grund welcher Versuche der genannte französische Forscher zu diesem höchst auffallenden Resultate gekommen ist und wo dieselben veröffentlicht worden sind, vermochte ich nicht ausfindig zu machen.

Die angeführte Behauptung Dubois schien mir umsomehr einer Nachprüfung wert, weil Suchsland³⁾ schon früher das Gegenteil behauptet hatte, nämlich dass das Licht von *Bacterium phosphorescens* undurchsichtige Körper nicht durchdringen könne, und weil auch bezüglich des Johanniskäferlichtes in seiner Beziehung zur photographischen Platte ganz merkwürdige und völlig rätselhafte Angaben gemacht worden sind.

Der japanische Physiker Muraoka⁴⁾ legte Kupfer-, Aluminium-, Zink- und Messingplatten von gleicher Grösse auf eine photographische Platte nebeneinander und zwischen die Platte und Metallplatten, um eine direkte Berührung der empfindlichen Schichte mit den Metallplatten zu verhindern, je eine Kartonunterlage, welche in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt hatte. Sodann wurde das Ganze mit schwarzem Papier drei- bis viermal umwickelt und auf den Boden eines flachen Kistchens gelegt. In das Kistchen brachte er schliesslich etwa 300 Johanniskäfer, deren Wegfliegen durch ein Hanfnetz verhindert wurde.

¹⁾ d'Arsonval, Observations au sujet de la photographie à travers les corps opaques. Ebenda. p. 500.

²⁾ Dubois, R., Das kalte Licht. Die Umschau. 1901. p. 223.

³⁾ Suchsland, E., Physikalische Studien über Leuchtbakterien. Sonderabdruck aus der Festschrift der Latina zur 200jährigen Jubelfeier der Frankeschen Stiftungen und der lateinischen Hauptschule. Halle 1898. Ein Referat darüber im Zentralblatt für Bakteriologie etc. 2. Abt. IV. p. 715.

⁴⁾ Muraoka, H., Das Johanniskäferlicht. Wiedemanns Annal. d. Physik u. Chemie. Bd. 59 der neuen Folge (1896). p. 773.

Die Versuche liefen in einem guten photographischen Zimmer ab und währten zwei Nächte, wobei jedoch zu bemerken ist, dass die Käfer nur von etwa 6 Uhr abends bis 11 Uhr nachts leuchten. Er wollte mit diesem Versuche eruieren, ob die Käferstrahlen durch schwarzes Papier und die Metallplatten überhaupt hindurchgehen und auf die photographische Platte wirken und, wenn dies zutreffen sollte, ob sich die verschiedenen Metalle nicht als in verschiedenem Grade durchlässig erweisen würden.

Zu seiner grossen Überraschung fand nun Muraoka, dass nicht die ausgeschnittenen Stellen des Kartons geschwärzt waren, sondern ganz gegen alle Erwartung die von dem Karton unmittelbar berührten Stellen der photographischen Platte. Die den Ausschnitten entsprechenden Stellen blieben im Negativ hell! Muraoka nennt diesen Versuch das „Saugphänomen“. Wurde derselbe Versuch aber ohne Metall ausgeführt, so dass eine Kartonscheibe mit Ausschnitt allein auf die photographische Platte zu liegen kam, so zeigte sich die Ausschnittstelle ganz schwarz und die vom Karton berührte Fläche nur wenig angegriffen. „Es scheint also“, so meint der Verfasser nach Ausführung dieser und einiger anderer Experimente, „für den Eintritt des Saugphänomens notwendig zu sein, dass die Kartonscheibe mit Ausschnitt direkt auf die photographische Platte zu liegen kommt und darauf eine Metall- oder Kartonplatte gelegt wird, welche die durch mehrere Schichten von schwarzem Papier filtrierten Käferstrahlen noch einmal filtriert.“ Nach diesen ebenso merkwürdigen wie rätselhaften Befunden musste es gewiss verlockend erscheinen, nachzusehen, ob, wie Dubois angibt, Bakterienlicht durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte wirkt und ob, wie Muraoka für das Käferlicht gefunden haben will, das Bakterienlicht nach der Filtration mittelst schwarzem Papier, Metallen oder Karton nicht analoge Erscheinungen darbietet.

Dass das Bakterienlicht bei direkter Einwirkung auf die photographische Platte wie Tageslicht einwirkt, darüber kann kein Zweifel sein; dies lehren, wie wir gesehen haben, die einschlägigen Versuche. Wie aber verhält es sich mit der Durchdringung opaker Körper?

Um diese Frage zu lösen, wurden empfindliche photographische Trockenplatten (Schleussners Gelatine-Emulsionsplatten) zunächst mit schwarzem Papier mindestens zweimal umwickelt, in ein schwarzes, nach oben offenes Schächtelchen gelegt und darauf eine stark leuchtende Bakterienlampe von 1 l Volum gestellt. Das Ganze wurde in der Dunkelkammer noch mit einem schwarzen Pappsturz bedeckt. Bei einer Expositionszeit von mehreren Tagen erwies sich das schwarze Papier als undurchlässig. Wurde hierauf in das Papier ein kreisförmiger Aus-

schnitt gemacht, so dass das Bakterienlicht innerhalb des ausgeschnittenen Feldes direkt auf die Platte wirkte, so wurde der Ausschnitt bei der Entwicklung vollständig geschwärzt, und hiezu genügten Bruchteile einer Minute.

In ganz derselben Weise wurden Versuche mit anderen undurchsichtigen Körpern gemacht. Ich verwendete zunächst einen grauen Karton (Pappendeckel) von 1—2 mm Dicke. Um seitliches Licht abzuhalten, gab ich die empfindliche Platte in eine der gewöhnlichen Blechschablonen, wie sie bei photographischen Aufnahmen verwendet werden, legte auf die empfindliche Schichte den Karton und darauf kam die Bakterienlampe. Anstatt dieser benützte ich, um dem Einwand zu begegnen, dass möglicherweise das von den Bakterien ausstrahlende ultraviolette Licht von der Glaswand der Lampe absorbiert werden könnte, auch mit Strichkulturen versehene, unbedeckte Petrischalen, die mit der offenen Seite auf den undurchsichtigen Körper so aufgelegt wurden, dass das Licht, ohne Glas und Gelatine passieren zu müssen, direkt in den Karton eindringen konnte.

Auch in diesen Versuchen blieb die Schwärzung aus, der verwendete Karton erwies sich also für das Bakterienlicht ebenfalls impermeabel.

Platten von Zinn 0,8 mm, Aluminium 0,5 mm und Kupfer 0,7 mm Dicke verhielten sich ebenso.

Diese Befunde stehen im Gegensatz zu den vorhin zitierten Angaben von Dubois. Es blieb also noch übrig, diesen Widerspruch zu erklären. Aus diesem Grunde machte ich, um nicht etwa dem um die Lehre von der Lichtentwicklung der Lebewesen verdienten französischen Forscher unberechtigterweise zu widersprechen, unter peinlicher Beachtung verschiedener Vorsichtsmassregeln weitere Versuche. Zunächst arbeitete ich mit noch intensiveren Lichtquellen. Ich verwendete 2—9 meiner grossen Bakterienlampen, ohne aber ein anderes Resultat zu erzielen. Sodann arbeitete ich mit verschiedenen Arten von undurchsichtigen Kartons und bekam dabei sehr ungleiche und verwirrende Resultate. Schliesslich stellte sich heraus, dass bei Verwendung gewisser Kartons, besonders bei Benützung eines gelbbraunen Pappdeckels, regelmässig eine Schwärzung eintrat und schon glaubte ich, Dubois recht geben zu müssen, als ich durch Kontrollversuche fand, dass diese Schwärzung mit dem Bakterienlichte gar nichts zu tun hat, sondern auch ohne dieses eintritt, einfach durch Auflegen des gelben Kartons auf die empfindliche Schichte. Im weiteren Verfolg dieser Tatsache zeigte sich, dass mässige Feuchtigkeit und Wärme die Einwirkung des Kartons in hohem Grade zu verstärken vermögen. Wenn man einen

derartigen Karton auf mehrere Stunden in einen feuchten Raum bringt, dann auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte legt, das Ganze mehrmals mit schwarzem Papier umwickelt und bei 25—30 ° etwa 15 Stunden im finsternen Thermostaten liegen lässt, so wird die Platte, soweit sie mit dem Karton in unmittelbarer Berührung war, bei der Entwicklung intensiv geschwärzt¹⁾.

Unter diesen Verhältnissen verhalten sich verschiedene Kartons graduell verschieden, manche wirken auf das Bromsilber ausgezeichnet ein, manche wenig, manche wieder fast gar nicht. Im allgemeinen wirken nach meinen Beobachtungen die grauen Kartons schwach, die gelbbraunen stark. Analoges gilt von verschiedenen Papieren und von Metallen, die durch die Atmosphärien angegriffen worden waren.

Eine zweite Ursache der Täuschung kann in der allzu langen Entwicklung der Negative liegen, bei welcher bekanntlich je nach der Natur des verwendeten Entwicklers eine mehr minder starke Schleierung oder Schwärzung eintritt — ebenfalls ganz unabhängig von der Beleuchtung. Bei Nichtbeachtung dieser Erfahrung und bei Mangel von Kontrollversuchen könnte man geneigt sein, die auftretende Schwärzung auf eine Lichtwirkung zurückzuführen.

Halte ich mir diese möglichen Fehlerquellen, sowie noch eine Reihe anderer Umstände, die beim Photographieren irreführen können²⁾, vor Augen, so komme ich mit Rücksicht auf die Resultate meiner Versuche zu dem Schlusse, dass das Bakterienlicht die photographische Platte wie gewöhnliches Tageslicht beeinflusst, und dass jenes ebensowenig wie dieses undurchsichtige Körper zu durchdringen vermag. Meine an Kartons gemachten Erfahrungen werfen aber gleichzeitig ein helles Streiflicht auf Muraokas „Saugphänomen“. Denn, wenn es Kartons gibt, die direkt auf die Platte einwirken und hier bei inniger Berührung Schwärzung hervorrufen, so liegt der Verdacht nahe, dass bei den Versuchen Muraokas, insbesondere bei seinem Saugphänomen, der jeweilig verwendete Karton direkt und unabhängig vom Käferlicht eine bedeutungsvolle Rolle ge-

¹⁾ Bei den im Handel vorkommenden Platten ist es, um eine Berührung der übereinander geschichteten Platten zu verhindern, vielfach üblich, kleine Kartonstückchen dazwischen zu legen. Bei der Entwicklung derartiger Platten stellt sich an den Stellen, wo das Kartonstückchen lag, gleichfalls eine seiner Gestalt genau entsprechende Schwärzung ein, welche das Negativ verunstaltet. Von der Verwendung solcher Kartons als Zwischenlage muss daher nachdrücklichst abgeraten werden.

²⁾ Vergl. darüber Colson, R., *Rôle de différentes formes de l'énergie dans la photographie au travers des corps opaques*. Comptes rendus. T. 122. 1896. p. 598.

spielt haben dürfte. Es darf nicht ausser acht gelassen werden, dass eben verschiedene Kartone sich verschieden verhalten, dass die wirk-samen Kartone verschieden reagieren, je nachdem die Temperatur hoch oder niedrig ist und je nachdem die Luft, in der die Kartons liegen, feucht oder trocken ist. Bei regnerischem Wetter und günstiger Tem-peratur werden sie daher die Platte stark angreifen, bei trockenem Wetter und niedriger Temperatur aber viel weniger.

Wie schön Muraokas „Saugphänomen“ ohne Käferlicht, überhaupt ohne jedes Licht gelingt, einfach durch Auflegen des Kartons auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte, lehrt das Positiv in Fig. 9 Taf. II. Die Ausschnitte erscheinen im Negativ hell, der übrige Teil der Platte, soweit sie vom Karton be-deckt war, schwarz. Die zahlreichen unregelmässigen, hellen Flecke be-deuten Stellen, wo der Karton nicht unmittelbar auflag. In Fig. 10, welche das Positiv darstellt, ist selbstverständlich Hell und Dunkel verkehrt.

Nach Muraoka ist auch Holz für Käferlicht durchlässig. Er sagt: „Auffallend ist die Photographie von der Holzplatte; die Stellen der Fasern sind mehr angegriffen als die weicheren Stellen, also gerade umgekehrt wie bei den Filtrationen durch Papierschichten oder durch Karton“¹⁾.

Nachdem ich mich überzeugt, dass gewisse Kartons und Papiere das Saugphänomen allein ohne Licht erzeugen und, da ich gefunden, dass in meinem wirksamen Karton laut mikroskopischer Untersuchung viel Holzfasern enthalten waren, so kam ich auf den Gedanken, dass Hölzer die Platte gleichfalls angreifen könnten. Der Erfolg war über jede Erwartung überraschend. Als ich auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte eine etwa 1 cm dicke Stammscheibe von Eichenholz und Buchenholz (*Fagus silvatica*), die an ihrem Querschnitt sorgfältig geglättet waren und jahrelang in der Sammlung gelegen hatten, legte, dann das Ganze mit schwarzem Papier umwickelte und im finsternen Thermostaten bei 25 bis 35° C. 15 Stunden liegen liess, ergab sich folgendes höchst auffallende Bild (Fig. 10, Tafel II): Die Stammscheiben kamen bei der Entwicklung mit allen makroskopisch sichtbaren Einzel-heiten heraus: Markstrahlen, Jahresringe, Porenringe, die Grenze zwischen Holz und Rinde, all das ist im Bilde genau zu erkennen. Wie bei Kartons und Papier begünstigen Feuchtigkeit und höhere Temperatur (30°) das Phänomen in hohem Grade.

Dass es sich hier nicht um ein Nachleuchten, nicht um eine Kontaktwirkung, sondern um eine chemische Wirkung handelt, davon

¹⁾ Muraoka, H., l. c. p. 777.

kann man sich leicht überzeugen, wenn man den eben geschilderten Versuch genau in der beschriebenen Weise, nur mit dem Unterschiede macht, dass man zwischen das Holz und die empfindliche Schichte eine wohlgereinigte Glasplatte (einen Objektträger) legt. Es unterbleibt dann, soweit der Objektträger reicht, jegliche Schwärzung, das über den Objektträger vorspringende Holz wirkt aber dennoch (allerdings schwächer) auf das Bromsilber ein, obwohl das Holz die empfindliche Schichte nicht berührt. Meiner Meinung nach ist es ein aus dem Holz abdunstender flüchtiger Körper, der den Angriff auf das Bromsilber bedingt. Wenn man zu dem Holze, welches längere Zeit bei einer Temperatur von etwa 30° lag, riecht, so lässt es einen eigentümlichen, ziemlich starken Duft erkennen, ein Beweis dafür, dass das Holz flüchtige Körper ausendet. Wirken also nicht bloss Kartons und Papiere, sondern auch verschiedene Hölzer direkt in so auffallender Weise auf die photographische Platte, so wird man sich den Versuchen Muraokas gegenüber sehr skeptisch verhalten müssen, und ich neige zur Ansicht, dass das Käferlicht bei dem Saugphänomen gar nicht beteiligt war, sondern dass dieses ohne Licht durch direkte chemische Einwirkung der auf der Platte liegenden Gegenstände hervorgerufen wird, wodurch die so überaus merkwürdigen und den Physikern so ganz unverständlichen Befunde des japanischen Autors eine einfache Erklärung finden. Muraokas Versuche müssten von neuem unter Ausschluss der von mir aufgedeckten Karton- und Holzwirkung ausgeführt werden, und, wenn sie dann auch die ursprünglichen Resultate geben sollten, was ich aber bezweifeln möchte, dann erst könnte man sich zu seiner Ansicht bekehren, dass filtrierte Käferlicht besondere Eigenschaft aufweise.

Vielleicht war Muraoka seiner Sache selbst nicht ganz sicher, da er mit Rücksicht auf die relativ kurze Johanniskäferzeit gleich am Beginne seiner Abhandlung die Bemerkung macht: „Die Versuche konnten daher nicht systematisch genug ausgeführt und nicht oft genug wiederholt werden, um Schlüsse mit Sicherheit daraus zu ziehen“.

Hinzufügen möchte ich noch, dass er bei seinen Experimenten 300 bis 1000 Käfer verwendete, die zwischen den Versuchen, also wenn sie nicht gebraucht wurden, um sie frisch zu erhalten, mit Wasser bespritzt wurden. So viele Käfer werden dann während des Experimentes durch Transpiration in einem kleinen Kistchen gewiss einen sehr feuchten Raum erzeugt haben. Erwägt man ferner, dass die Versuche zur Johanniskäferzeit in Japan gemacht worden sind, so waren jene beiden Faktoren, Wärme und Feuchtigkeit, von welchen wir nachwiesen, dass sie die chemische Wirkung des Kartons auf die photographische Platte in hohem Grade begünstigen, gegeben und damit auch die Bedingungen

für das Saugphänomen (ohne Licht!) realisiert. Kontrollversuche ohne Käferlicht scheint Muraoka überhaupt nicht ausgeführt zu haben, wenigstens findet sich in der ganzen Abhandlung keine Bemerkung darüber.

7. Heliotropismus im Bakterienlichte.

Die heliotropische Empfindlichkeit gewisser Pflanzen ist bekanntlich eine erstaunlich grosse. Verdanken wir doch Wiesner¹⁾ einen Versuch, der beweist, dass etiolierte Keimlinge der Wicke auf Helligkeitsunterschiede so minimaler Art reagieren, wie wir es selbst nicht vermögen und dass man die Wicke geradezu als physiologisches Photometer verwenden kann. Stellt man zwischen zwei, etwa drei Meter von einander entfernte Gasflammen, welche mittelst eines Bunsenschen Photometers auf gleiche Helligkeit gebracht wurden, genau in die Mitte einen etiolierten Wickenkeimling, so wendet sich der Keimling und zwar bei mehrmaliger Wiederholung des Versuchs immer derselben Flamme zu. Die eine Flamme leuchtet etwas intensiver, das menschliche Auge vermag diese Helligkeitsdifferenz nicht mehr zu erkennen, wohl aber die Wicke.

Nach den Untersuchungen von Figdor²⁾ ist zwar die heliotropische Empfindlichkeit im Pflanzenreiche eine verschieden grosse, im günstigsten Falle eine geradezu überraschende, da manche Pflanzen bereits durch eine Lichtintensität zu heliotropischen Krümmungen veranlasst werden, die noch unter der von 0,0003262 Normalkerzen liegt.

Es war mir daher nicht unwahrscheinlich, dass auch das von Bakterien ausstrahlende Licht, insbesondere das so intensive des *Bacterium phosphoreum* gleichfalls Heliotropismus hervorrufen könnte, und meine in dieser Richtung unternommenen Versuche³⁾ haben dann diese Vermutung auf das glänzendste bestätigt. Über die Versuchsanstellung seien aus meiner Abhandlung folgende Daten angeführt.

Versuche:

Keimlinge verschiedener Art wurden bei vollkommenem Abschluss von Licht in kleinen Blumentöpfen gezogen. Sobald sie eine entspre-

¹⁾ Wiesner, J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschrift d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. XXXIX. Bd. (1878). I. Teil. p. 43 des Separatabdruckes.

²⁾ Figdor, W., Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Ebenda. Bd. CII. Abt. I. Febr. 1893.

³⁾ Molisch, H., Über Heliotropismus im Bakterienlichte. Sitzber. d. kais. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. CXI. Abt. I. 1. März 1902.

chende Höhe — bei Erbse, Wicke, Linse etwa 2 bis 5 cm — erreicht hatten, wurden sie zu den Versuchen verwendet. Vor dem auf einer Tonschale stehenden Blumentopfe wurde eine drei Tage alte Eprouvette-Strichkultur, welche stark leuchtete, so befestigt, dass sich der leuchtende Strich vor den Keimlingen befand und diese von den Bakterien bestrahlt wurden. Noch vorteilhafter ist es, die Eprouvette mit dem leuchtenden Strich in die Nähe der wachsenden Stengelregion horizontal zu stellen, es wachsen dann viele Keimlinge horizontal direkt auf die leuchtende Linie zu.

Die Keimlinge dürfen nicht weiter als 1—10 cm von der Lichtquelle entfernt sein. Sie wurden mit einem Zinnsturz bedeckt, behufs Herstellung eines feuchten Raumes unten mit Wasser abgesperrt, und, um einen tadellosen Lichtabschluss zu erzielen, wurde über das Ganze noch ein grosser schwarzer Pappsturz gestülpt.

Die Versuche verliefen in einem Laboratoriums-Zimmer, dessen Temperatur etwa zwischen 15—18° C. schwankte. Bekanntlich werden durch minimale Spuren von Leuchtgas und anderen Körpern, die sich fast ständig in der Laboratoriumsluft vorfinden, gewisse Keimlinge¹⁾ (Erbse, Linse, Wicke, Kartoffel) in ihrem Längenwachstum gehemmt und im Dickenwachstum gefördert und zu abnormen Krümmungen veranlasst. Sie wachsen nicht mehr aufrecht, sondern mehr minder horizontal, der negative Geotropismus scheint unter dem Einflusse der Luftverunreinigungen wie ausgelöscht, und, da er dem Heliotropismus nicht entgegenwirkt, kommt dieser in grösserer Reinheit zur Geltung.

Die heliotropischen Versuche gelingen aus diesem Grunde im Laboratorium besonders schön, viel weniger gut in der reinen Luft eines Gewächshauses, weil der Geotropismus hier in voller Stärke dem Heliotropismus entgegenzuarbeiten vermag.

Höhere Temperaturen sind bei unseren Versuchen zu vermeiden, da das Bacterium phosphoreum niedere Temperaturen bevorzugt, und bei höherer Temperatur die Gelatine leicht verflüssigt werden könnte. Als Lichtquelle verwendete ich neben Strichkulturen auch leuchtende Milch in kleinen Erlenmeyerkolben und meine Bakterienlampen. Es sei mir gestattet, einige Versuche genauer zu schildern.

¹⁾ Neljubow, D., Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* etc. Botan. Zentralbl. Beihefte Bd. X. Heft 3. 1901. Richter, Oswald, Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Bericht d. deutschen botan. Gesellschaft. 1903. p. 180. Singer, Maximilian, Über den Einfluss der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Ebenda. p. 175.

Saatwicke, *Vicia sativa*.

24 Stunden nach Beginn des Versuchs krümmen sich sämtliche 12 Keimlinge unterhalb der nutierenden Spitze dem Lichte zu. Nach drei Tagen erscheinen die Keimstengel in höchst auffallender Weise dem leuchtenden Striche zugeneigt.

Linse, *Ervum Lens*.

Schon nach 24 Stunden waren alle Keimlinge heliotropisch gekrümmt. In den folgenden Tagen wuchsen sie direkt auf die vertikal stehende leuchtende Eprouvette zu, an ihr sich anschmiegend um die Proberöhre herum, so dass es den Anschein erweckte, als ob sie um die gefundene Stütze zirkumnutieren würden. Sie wuchsen also, sowie eine Seite der Eprouvette erreicht war, nicht gerade weiter, sondern krümmten sich, weil sie nun die Lichtquelle seitlich oder rücklings hatten, immer dieser folgend um die Strichkultur herum — ein schöner Beweis für die heliotropische Kraft des Bakterienlichtes.

Erbse, *Pisum sativum*.

Ich versuchte, ob es gelingen würde, die sich horizontal heliotropisch krümmenden Keimlinge sogar aus der horizontalen Lage herauszubringen, wenn man die Lichtwelle tiefer als die Keimlinge stellt. Der Versuch gelang ausgezeichnet. Leuchtende, mit *Bacterium phosphoreum* infizierte Milch in einem Kölbchen so vor die Keimlinge gestellt, dass die leuchtende Milchschiicht viel tiefer als die wachsende Region der Keimstengel sich befand, veranlasste die Keimlinge sich heliotropisch zur Lichtquelle zu krümmen, um dann schief nach abwärts auf die Milch zuzuwachsen.

Xylaria Hypoxylon.

Diesen Pilz kultiviere ich seit mehreren Jahren mit Vorliebe in Reinkulturen auf Brot, da er wochenlang die Ausscheidung von Wassertropfen (Guttation) an den Fruchträgern zeigt und sich für heliotropische Experimente in ausgezeichneter Weise eignet. *Xylaria*-Kulturen sollten in keinem botanischen Institute fehlen. Als ich eine Kultur in Erlenmeyerkolben vor eine Strichkultur stellte, trat innerhalb acht Tagen kein Heliotropismus ein. Vor fünf Strichkulturen fand aber schon nach vier Tagen eine sehr deutliche positiv heliotropische Krümmung bei nahezu allen (40) Fruchträgern statt.

Phycomyces nitens Kunze reagiert, schon weil er rascher wächst, noch viel empfindlicher, denn schon nach einem Tage veranlasste eine einzige Strichkultur heliotropische Krümmungen.

Bezüglich weiterer Versuche sei auf meine vorhin zitierte Abhandlung verwiesen, hier wird es genügen, hervorzuheben, dass das Bakterienlicht bei heliotropisch empfindlichen Pflanzen sehr deutlichen positiven Heliotropismus hervorzurufen vermag¹⁾ und dass sich für derartige Experimente besonders geeignet erwiesen Keimlinge der Linse, Saatwicke, Erbse (s. Fig. 14), Mohn und von Pilzen die Fruchttträger von *Phycomyces nitens* Kunze und *Xylaria Hypoxylon* L.



Fig. 14.

Positiver Heliotropismus von Erbsenkeimlingen, hervorgerufen durch das Licht mehrerer leuchtender, in einer Petrischale befindlicher Strichkulturen von *Bacterium phosphoreum*. Alle Keimlinge erscheinen zum Bakterienlichte hingekrümmt.

Es kommt demnach dem Bakterienlichte neben seiner chemischen Wirkung auf die photographische Platte auch eine physiologische zu, insoferne als es bei zahlreichen Pflanzen Heliotropismus hervorzurufen vermag.

8. Bakterienlicht und Chlorophyllbildung.

Da die Chlorophyllbildung schon bei sehr geringen Helligkeiten des Sonnenlichtes und künstlicher Lichtquellen zustande kommt, so war es von vornherein nicht undenkbar, dass auch im Bakterienlichte

¹⁾ Eine Bestätigung erfuhren meine Versuche durch G. Nadson. l. c. p. 27.

Blattgrün entstehen könnte. Meine einschlägigen Versuche führten aber zu einem negativen Resultate. Ein Ergrünen der Keimlinge fand im Lichte der Photobakterien nicht statt, selbst als ich als Lichtquelle eine grosse zwei Liter-Bakterienlampe benützte. Niemals war mit freiem Auge bei Versuchen mit Erbsen, Wicken, Linsen, Roggen, Hafer und Klee eine Spur eines Ergrünerens zu bemerken, aber auch wenn ich die alkoholischen Auszüge spektroskopisch prüfte, war im Absorptionsspektrum auch das Chlorophyllband im Rot zwischen B und C nicht wahrzunehmen. Issatchenko¹⁾ hat, angeregt durch meine Arbeit über Heliotropismus im Bakterienlichte, auch meine Versuche über den Einfluss dieses Lichtes auf das Ergrünen fortgesetzt und glaubt aus seinen Experimenten schliessen zu dürfen, dass das Bakterienlicht zur Chlorophyllbildung genügend stark ist. Er arbeitete mit Keimlingen des Klee, Roggens und Hafers. Als Lichtquelle benützte er das Photobacterium phosphorescens. Er schildert vier Versuche (1—4).

1. Kleekeimlinge wurden 24 Stunden durch eine Strichkultur beleuchtet. Das Resultat war negativ, spektroskopisch war Chlorophyll nicht nachzuweisen.

2. Roggenkeimlinge waren 10 Stunden einem starken Bakterienlichte unter einer Glasglocke ausgesetzt. Auch hier wurde Chlorophyll nicht gebildet.

3. Haferkeimlinge genossen 24 Stunden das Licht leuchtender Eprouvetten und eines kleinen Erlenmeyerkolbens. Der gelbe Auszug zeigte das Chlorophyllband.

4. Haferkeimlinge im Lichte eines kleinen Erlenmeyerkolbens gaben nach 24 Stunden ein grünliches Extrakt mit dem Chlorophyllband.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass der russische Gelehrte nur bei Hafer ein positives Resultat erhalten hat. Da ich aber durchwegs zu negativen Ergebnissen gelangt bin, so habe ich daraufhin meine Untersuchungen nochmals wiederholt und erweitert. Ich habe nicht bloss mit Bacterium phosphoreum, sondern auch mit der Versuchsbakterie Issatchenkos, dem schwächer leuchtenden Photobacterium phosphorescens gearbeitet. Ich kam aber, trotzdem ich zur Beleuchtung meine grossen, stark leuchtenden Bakterienlampen heranzog und die Keimlinge durch eine ganze Woche beleuchtete, wieder zu negativen Resultaten. Bei meinen Versuchen mit Erbse, Linse, Wicke, Roggen und Hafer war makroskopisch nie die geringste Grünfärbung zu sehen, die Blätter waren abgesehen vom Anthokyan gelb und die alkoholischen

¹⁾ Issatchenko, M. B., Quelques expériences avec la lumière bactérienne. Zentralbl. f. Bakteriologie etc. II. Abt. X. Bd. 1903. p. 497—499.

Auszüge zeigten nicht das charakteristische Chlorophyllband zwischen B und C. Ich kann daher meine früheren Angaben nur bestätigen. Wenn im Bakterienlichte kein Ergrünen der Keimlinge stattfand, so kann die Ursache entweder in der Natur des Lichtes oder in seiner geringen Intensität liegen. Da aber nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Wiesner¹⁾ und Reinke²⁾ allen sichtbaren Strahlen des Spektrums die Fähigkeit, Ergrünen hervorzurufen, zukommt, so dürfen wir wohl schliessen, dass das Nichtergrünen der Keimlinge im Bakterienlichte auf dessen geringe Intensität zurückzuführen ist. Ich gebe also zu, dass bei Verstärkung des Bakterienlichtes Ergrünen eintreten könnte, ob das aber bei den Versuchen Issatchenkos wirklich der Fall war, oder ob eine Täuschung oder ein Versuchsfehler vorliegt, vermag ich nicht zu entscheiden.

9. Hat das Pilzlicht eine biologische Bedeutung?

Die momentane, blitz- oder funkenartige Erzeugung von Licht und das plötzliche Ausstossen eines leuchtenden Sekretes bei verschiedenen Tieren hat sicher eine biologische Bedeutung, sei es, dass die Tiere ihre Feinde damit zu erschrecken oder anzulocken oder ihre Umgebung zu beleuchten trachten, um die Beute leichter zu erhaschen. Die wunderbaren Ergebnisse der Tiefseeforschung insbesondere die Entdeckung verschiedener in tiefster Finsternis lebender Fische und Krebse mit höchst kompliziert gebauten Leuchtapparaten machen es wohl zweifellos, dass vielen Tieren aus ihrer Fähigkeit, Licht zu entwickeln, ein bestimmter Nutzen erwächst.

Viel schwieriger jedoch ist die Frage mit Rücksicht auf die Bakterien und höheren Pilze zu beantworten. Bestände eine Symbiose zwischen gewissen Tieren und Leuchtbakterien, wie dies früher von Dubois für *Pholas* und die Qualle *Pelagia noctiluca* angenommen wurde, so könnte man wenigstens in diesen Fällen von einer Bedeutung des Bakterienlichtes für das Tier sprechen, allein ich habe schon früher hervorgehoben (p. 112), dass eine solche Symbiose nicht besteht³⁾. Und bis auf den heutigen Tag hat niemand den Beweis erbracht, dass irgend ein Tier sich zur Lichtentwicklung der Leuchtbakterien bedient. Es sind auch darüber Versuche gemacht worden, ob nicht auch aus den Geweben leuchtender Tiere Leuchtbakterien gewonnen werden könnten. So hat Wijsmann den stark leuchtenden Dinoflagellaten *Ptychodiscus*

1) Wiesner, J., Entstehung des Chlorophylls. 1877. p. 59.

2) Reinke, J., Sitzber. d. Berliner Akad. 1893. p. 536.

3) Wobei ich aber von den pathologischen auf p. 77 behandelten Fällen absehe.

noctiluca Stein in Fischgelatine zerkleinert aber hierdurch keine Photobakterien erhalten. Beyerinck¹⁾ hat zwei leuchtende Arten von Sertularia und eine Obelaria mit Meerwasser gut gewaschen, dann in sterilisiertem Meerwasser zerteilt und schliesslich auf Fischgelatine ausgegossen, allein auch hier kamen Leuchtbakterien nicht auf.

Wie steht es nun mit den Photobakterien, die auf Fleisch, toten Seefischen und anderen toten Seetieren vorkommen und diese leuchtend machen? Hat die Lichtentwicklung für diese Bakterien eine biologische Bedeutung?

Beijerinck hat diese Frage bereits vor längerer Zeit aufgeworfen und hat sie verneint. In der Luminiszenz der Bakterien ein Mittel zu ihrer Verbreitung zu sehen, hält er für ausgeschlossen, da die Meeresströmungen, die Wogen und der Sand des Strandes dies in ausgezeichneter Weise besorgen.

Ich bin ebenso wie Beijerinck der Ansicht, dass die Lichtentwicklung der Bakterien eine Konsequenz ihres Stoffwechsels ist, und dass ihr eine biologische Bedeutung nicht zukommt. Wenn nun die Bakterien keinen Vorteil von ihrer Lichtentwicklung haben, ist dies vielleicht bei den höheren Pilzen der Fall?

„Am wahrscheinlichsten“, meint Kerner²⁾, „ist es, dass den Pilzmücken und Pilzkäfern, welche ihre Eier in die Mycelien und Sporenträger der Hymenomyzeten legen und die mit der Verbreitung der Sporen in einem später noch ausführlicher zu besprechenden Zusammenhange stehen, in der dunkeln Nacht der Weg gezeigt wird. Viele dieser Mücken und Käferchen fliegen nur bei Nacht und wenden sich, wie so viele geflügelte Nachttiere, bei ihrem Fluge leuchtenden Gegenständen zu. Es wäre nun immerhin möglich, dass das von den genannten Blätterschwämmen ausgehende Licht als Anlockungsmittel und Wegweiser für die genannten in der Nacht fliegenden Insekten dient, ähnlich wie der Geruch und die lebhaftere Farbe anderer Hymenomyceten für jene Pilzfliegen und Pilzkäfer, welche am hellen Tage schwärmen“.

Ich kann mich für den hier vorgetragenen Gedanken nicht erwärmen. Wäre er richtig, so wäre es nicht leicht verständlich, warum beim Hallimasch der Fruchtkörper, der doch die Sporen trägt und den Insekten zugänglich ist, nicht leuchtet, während sein Mycel, das unter der Rinde und im Holze wuchert, also von den Insekten gewöhnlich gar nicht gesehen wird, Licht entwickelt.

¹⁾ Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc. I. c. p. 63.

²⁾ Kerner, A. v., Pflanzenleben. Leipzig 1887. I. Aufl. I. Bd. p. 471.

Das im leuchtenden Holze wuchernde Leuchtmycel hat gewöhnlich gar keine Fruktifikationsorgane. Wenn nun das Licht den Sinn hätte, Insekten anzulocken, so würde sich in diesem Falle der Pilz selbst nur schädigen, denn er würde die Insekten anlocken und durch sie nicht verbreitet sondern gefressen und hierdurch vernichtet werden. Das Licht würde sein Verderben werden.

Mir will scheinen, dass man heute mit der biologischen Deutung mancher Erscheinungen des Pflanzenlebens in gewissen Punkten über das Ziel hinausschiesst und in dem Streben, um jeden Preis eine teleologische Deutung zu finden, sich in allzu gewagte Spekulationen einlässt. So wie leblose Körper gewisse Eigenschaften aufweisen und wir nicht im Entferntesten daran denken, dass diese Eigenschaften einen „Zweck“ haben, so kann auch das ungleich kompliziertere Lebewesen einfach infolge seiner Konstruktion oder seines Stoffwechsels gewisse Eigenschaften erhalten, die sich als notwendige Konsequenzen der inneren Einrichtung ergeben.

Weit entfernt davon, der biologischen Erklärung entgegenzutreten zu wollen, möchte ich nur vor Übertreibungen warnen und betonen, dass wir derzeit keine plausible teleologische Erklärung der Pilzlumineszenz zu geben vermögen, wahrscheinlich weil sie eine zufällige Konsequenz des Stoffwechsels der Photomyzeten ist.

VIII.

Über angebliche Lichterscheinungen bei Phanerogamen.

Im Rahmen meiner Schrift muss ich noch kurz einiger Angaben gedenken, die sich auf das angebliche Leuchten bei Blütenpflanzen beziehen. Ich sehe dabei ab von jenen sagen- und märchenhaften Erzählungen des Altertums und früherer Jahrhunderte, die in der Zeit des Aberglaubens ernst genommen und weiter verbreitet wurden, von dem modernen Naturforscher aber in das Reich der Mythe verwiesen werden müssen. Konrad Gessner hat bereits in einem Buche¹⁾ alle die Pflanzen zusammengestellt, welche angeblich Nachts leuchten oder anderer Ursachen wegen „Lunariae“ oder „Mondpflanzen“ genannt wurden. Es gehörten hinzu: *Primula Auricula*, *Lunaria rediviva*, *Ranunculus Thora*, *Drosera* und andere. Gessner gesteht aber selbst ein, niemals bei irgend einer der Mondpflanzen ein Leuchten bemerkt zu haben. Wenn solche Pflanzen im Mondlichte zu leuchten scheinen, so handelt es sich offenbar um eine rein physikalische Erscheinung, d. h. um einen Lichtreflex, der zumal bei den trockenen, weisslichen Schoten der *Lunaria rediviva* recht stark sein kann.

Ernster müssen zwei Beobachtungen über das Leuchten von Milchsäften genommen werden. Die eine rührt von Mornay²⁾ her, der das Leuchten des Milchsafte bei einem rankenden Gewächs, *Cipode Cunanam* genannt, welches wahrscheinlich den Apocyneen oder Ascle-

1) Conradi Gesneri medici, De raris et admirandis herbis, quae sive quod noctu luceant, sive alias ob causas, Lunariae nominantur, Commentariolus: et obiter de aliis etiam rebus, quae in tenebris lucent. Tiguri 1555.

2) Mornay, Philosoph. Transact. 1816. p. 279.

piadeen angehört und in Brasilien vorkommt, gesehen haben will. Der aus der verwundeten Pflanze ausfliessende Milchsaff zeigte einen phosphorischen Schein, die einzelnen Tropfen glichen beim Herabfliessen brennendem Talg.

Die zweite Beobachtung machte v. Martius¹⁾ auf seiner brasilianischen Reise. An einem gewitterschwülen Abende zeigte der aus den Wunden der *Euphorbia phosphorea* eben ausfliessende Milchsaff ein phosphorartiges Leuchten. „Das Leuchten dauerte jedesmal einige wenige Sekunden, und war stärker als das des faulen Holzes, jedoch minder lebhaft als die flammende Atmosphäre der Blüten des Diptam. Das Thermometer stand während dieser Erscheinung auf 20° R., das Voltasche Elektrometer zeigte keine Spur von Luftelektrizität. An verschiedenen Stengeln und Ästen beobachtend, erhielt ich immer dasselbe Resultat; nach einer Stunde aber, als die Temperatur auf 19° R. zurückgegangen war, konnte ich kein weiteres Leuchten beobachten.“ Martius vermutet, da er später, obwohl er die Pflanze noch häufig traf, das Leuchten nicht wieder beobachten konnte, dass die Gewitterschwüle Schuld an dem Leuchten war. Ob es sich hier um ein elektrisches Phänomen handelt, vermag ich nicht zu sagen, entscheiden könnten darüber nur einschlägige Versuche. Da ich mich längere Zeit mit dem Milchsaff der Pflanze beschäftigte und aus Erfahrung wusste, dass viele Milchsäfte so konzentrierte Lösungen von krystallisierbaren Substanzen darstellen, dass der Milchsaff an der Luft alsbald zu einer Art Krystallbrei erstarrt²⁾, so war daran zu denken, dass vielleicht die eintretende Krystallbildung mit einer Lichtentwicklung verknüpft sei, und diese das Leuchten bedinge. Bekanntlich haben verschiedene Krystalle im Momente ihrer Entstehung die Fähigkeit durch einige Sekunden zu leuchten, und es wäre daher denkbar, dass auch beim Ausfliessen des Milchsafftes infolge der Verdampfung eine mit Luminiszenz verknüpfte Krystallisation eintritt. Da die Milchsäfte von *Ficus elastica*, *Galactodendron*-, *Euphorbia*-Arten und ebenso die Schleimsäfte von *Clivia* und *Hemerocallis* an der Luft rasch Krystallbreie liefern, so achtete ich darauf, ob diese Säfte im Finstern leuchten. Das Resultat war aber stets ein negatives. Wäre die Krystallbildung die Ursache des Leuchtens, so wäre nicht gut einzusehen, warum v. Martius das Leuchten an der *Euphorbia phosphorea* nicht regelmässig beobachtet hat. Ich möchte mich daher, vorausgesetzt, dass überhaupt keine Täu-

1) v. Martius, Reise in Brasilien. II. p. 726 u. 746.

2) Molisch, H., Studien über den Milchsaff und Schleimsaff der Pflanzen. Jena 1901. p. 77.

schung vorliegt, doch mehr der Ansicht hinneigen, dass man es hier vielleicht mit einem elektrischen Phänomen zu tun habe.

Eigentümlich und von Interesse sind die Beobachtungen

Über das Blitzen der Blüten.

Linnés Tochter Elisabeth Christine bemerkte 1762 im Garten ihres Vaters unweit Upsala eines Abends, dass die feuergelben Blüten der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* von Zeit zu Zeit blitzten. Als sie diese auffallende Beobachtung ihrem Vater mitteilte, verhielt er sich, wie nicht anders zu erwarten war, sehr skeptisch, als er sich aber den nächsten Abend von der Richtigkeit der Wahrnehmungen seiner Tochter mit eigenen Augen überzeugte, gab er zu, dass die Sache nicht geleugnet werden könne und ermunterte seine Tochter, ihre Beobachtungen zu veröffentlichen. Ihre Abhandlung: „Über das Leuchten der indianischen Kresse“ erschien bald darauf im 24. Bande der schwedischen Akademie der Wissenschaften. Sie beobachtete die Erscheinung im Juli bei Sonnenuntergang. „Wenn man sitzt und auf eine Stelle hinsieht, die mehrere Blüten hat, so kann man bemerken, wie bald die eine bald die andere ganz jählings aufflimmert oder erglänzt“. Eine Erklärung weiss sie nicht zu geben, hingegen vermutet Wilke, der die Abhandlung mit einem Zusatz versehen hat, dass das Phänomen der überall verbreiteten elektrischen Materie zuzuschreiben sei.

Auch der Sohn Linnés teilte dem Physiker Bertholon¹⁾ gelegentlich eines Besuches in Paris mit, dass er den blitzähnlichen Schein bei der Kresse gesehen habe und dass das Blitzen der Blüten sich besonders deutlich zeige, wenn tags vorher ein Gewitter am Himmel stand. Bertholon hält das Blütenblitzen für ein elektrisches Phänomen.

Später hat Haggren²⁾ auch an der Ringelblume (*Calendula officinalis*), der Feuerlilie (*Lilium bulbiferum*), der Sammetblume (*Tagetes patula* und *erecta*) und in wenig prägnanter Weise bei der Sonnenrose (*Helianthus annuus*) ähnliches bemerkt. Die Erscheinung zeigte sich abends im Juli und August bei klarer Luft, nicht bei Regen oder feuchter Luft. Die Lichtblitze zeigten sich oft in einem Zwischenraume von 2—3 Sekunden; wenn mehrere Blüten auf einmal aufleuchteten, so war der Schein noch auf mehrere Klafter wahrnehmbar.

¹⁾ Bertholon, M. de S. Lazare, De l'électricité des végétaux. Paris 1783. p. 335.

²⁾ Haggren, Chr., Verhandlungen der Königl. schwedischen Akademie der Wissenschaften 1788.

Crome¹⁾ brachte eine Bestätigung der erwähnten Beobachtungen über das Blitzen der Blüten von *Tropaeolum* und hält sie für Sammelapparate der in der Luft befindlichen elektrischen Materie.

Nach den Angaben von Zawadzki²⁾ leuchtet die Kapuzinerkresse am stärksten, nach ihr *Tropaeolum*, dann *Lilium bulbiferum* und endlich *Tagetes*. „Alle diese Blumen haben eine stark mit Rot gesättigte gelbe Farbe, und da ich bei einigen *Helianthus*-Arten, die intensiv gelbe Blumen hatten, so wie an der *Gorteria rigens*, die ich bei Tage in einem dunkeln Zimmer beobachtete, auch ein schwaches Leuchten bemerkte, so scheint daraus hervorzugehen, dass jede orangefarbige Blume zu bestimmten Zeiten leuchte.“ Dass das Leuchten von Elektrizität herrührt, unterliegt nach Zawadzki keinem Zweifel. Leider hat der genannte Autor seine Anschauung in einer Weise zu begründen versucht, die an logischer Inkonsequenz nichts zu wünschen übrig lässt und daher hier am besten übergangen wird.

Johnson³⁾ sah kleine glänzende Funken, die kontinuierlich aus einigen verwelkenden Blüten von *Polyanthes tuberosa* ausströmten. Und Meyen⁴⁾ zitiert eine Angabe eines Reisenden, der zufolge in Afrika eine *Pandanus*-Art existiere, deren Blüten im Augenblicke des Aufbrechens eine Art von Blitz erzeugen, welcher von einem Geräusche begleitet wurde.

Meyen (l. c. p. 205) und mehrere andere Schriftsteller teilen mit, dass nach Senebier (*Physiolog. végét.*, III., p. 315) die Wärme entwickelnden Blüten von *Arum maculatum* einen phosphorischen Schein erkennen lassen sollen, wenn man sie in reinem Sauerstoff atmen lässt. Indes hat bereits Fries darauf aufmerksam gemacht, dass Senebier dies bloss als einen des Versuchs werten Gedanken hingestellt hat, den selbst auszuführen er durch Mangel an Zeit verhindert war.

Den genauesten Bericht über das Blitzen von Blüten verdanken wir dem schwedischen Botaniker Th. M. Fries⁵⁾. Die Darstellung seiner Wahrnehmungen ist in so hohem Grade vertrauenerweckend und anziehend, dass ich ihn darüber selbst sprechen lassen will. „Den 18. Juni verflossenen Jahres, als ich ungefähr halb 10 Uhr abends einsam im botanischen Garten dahier (Upsala) herumwandelte und schon

1) Crome, in Hoppes botan. Taschenbuch f. 1809. p. 52—53.

2) Zawadzki, Alex., Über das elektrische Leuchten einiger Blumen. *Zeitschrift f. Physik u. Mathem.* Herausg. von Baumgartner u. Ettingshausen. VI. Bd. Wien 1829. p. 459—462.

3) S. Schweiggers *Neues Journal d. Chemie u. Physik.* I. p. 361.

4) Meyen, F. J. F., *Neues System der Pflanzenphysiologie.* II. Bd. 1833. p. 204.

5) Fries, Th. M., Über Lichtphänomene bei Pflanzen. *Flora* 1859. p. 132.

vor einer grösseren Gruppe von *Papaver orientale* vorbeigegangen war, zeigte sich plötzlich von einer isoliert stehenden Blüte dieser Art ein starker Lichtblitz, und als ich mich darauf erstaunt zu der grösseren Gruppe umwandte, bemerkte ich dasselbe Phänomen gleichzeitig bei drei bis vier Blüten. Da ich durch die Angaben, welche in verschiedenen botanischen Lehrbüchern vorkommen, schon im voraus starken Zweifel gegen die Existenz dieses Phänomens hegte, so war mein erster Gedanke, dass diese blitzähnlichen Schimmer einer zufälligen kränklichen Affektion in meinen Augen zuzuschreiben sein dürften; überzeugte mich aber innerhalb $\frac{3}{4}$ Stunden, während die Erscheinung wiederholt wiederkehrte, dass dem nicht so sei. Am folgenden Abend, nachdem ich gefunden hatte, dass dasselbe Lichtphänomen sich wieder zeigte, führte ich, ohne etwas von dem Vorgange zu erwähnen, an die Stelle eine Person, die nie die geringste Ahnung von der Existenz einer derartigen Erscheinung im Pflanzenreiche hatte, und welche sogleich voll Erstaunen ausrief: „Es blitzt aus den Blumen“. Als auf meine Aufforderung die Blüten, bei welchen dieses Licht sich zeigte, näher bezeichnet wurden, fand ich deutlich, wie früher Haggren, dass wir gleichzeitig dasselbe sahen. Mehrere andere Personen wurden nun herbeigerufen, welche alle, ohne im voraus darüber unterrichtet zu sein, worum es sich handle, einstimmig bezeugten, dass ein blitzähnlicher oder flimmernder Schein sich zeigte. Am folgenden Abend, den 20. Juni war ich selbst verhindert mich einzufinden, und weil es regnete und der Himmel ganz und gar mit Wolken überdeckt war (bei sonst ganz warmer Luft), so schloss ich zufolge der Angabe früherer Beobachter, dass das Phänomen diesmal unterbleiben würde; aber nach dem Dozenten Lindblad u. a. zeigte es sich doch sehr deutlich und prachtvoll. — Die folgenden zwei Abende, wo die Luft kalt und der Himmel trübe war, konnte weder ich noch jemand Anders solche Blitze, ausser am ersten Abend höchst schwache, beobachten. Dagegen zeigte sich den nächstfolgenden Abend, am 23. Juni bei warmer und klarer Luft das Phänomen in vollem Glanze und bewundert von vierzehn Personen; auch bei *Lilium bulbiferum* wurde ein ähnlicher, jedoch bedeutend schwächerer Schein beobachtet, immerhin jedoch noch stark genug, um die Identität der blitzähnlichen Phänomene bei diesen Pflanzen zu beweisen.“

Fries teilt weiter mit, dass etwa 150 Personen Zeugen der merkwürdigen Erscheinung waren, und fährt dann folgendermassen fort: „Wie schon oben bemerkt, zeigt sich dieses Phänomen bloss alsbald nach Sonnenuntergang, ungefähr $\frac{1}{4}$ 10— $\frac{1}{4}$ 11 Uhr am Abend. Gewisse Abende erscheint es sehr stark und prachtvoll, während es an anderen sehr schwach oder gar nicht bemerkbar ist, ein Verhalten, das in

einigem Zusammenhange mit der Temperatur der Luft zu stehen scheint, obwohl nicht geleugnet werden kann, dass es bisweilen bedeutend verschieden sich darstellte an Tagen, die in Beschaffenheit der Temperatur und der Luft einander sehr ähnlich waren und umgekehrt“. Bezüglich einer Erklärung des Blitzens der Blüten vermag sich Fries nicht der Ansicht verschiedener Forscher anzuschliessen, dass das Blitzen „die Folge der Wirkung einer chemischen oder elektrischen Kraft sei“, sondern er meint: „Im Gegenteile dürfte man, wenn wir bedenken, dass alle Pflanzen, bei welchen dieses Phänomen beobachtet wurde, in der Farbe ziemlich miteinander übereinstimmen, in dieser letzteren mit einem gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit den Erklärungsgrund suchen. Ohne gerade mit Bestimmtheit diese Ansicht verfechten zu wollen, erübrigt doch, auch wenn sie wahr sein sollte, zu erklären, wie und auf welche Art diese Farbe ein solches Phänomen verursachen kann und ob es bloss auf einer gewissen Beleuchtung und, wie es scheint, auf der Temperatur der Luft beruht. In wieferne die von Göthe gegebene Erklärung richtig ist, oder ob die Farben der Blüten und Blätter bei einer gewissen Beleuchtung für einen Augenblick, wie Komplementärfarben, zu einem weissen blitzähnlichen Schein verschmelzen können, oder ob noch irgend ein anderer Erklärungsgrund der richtige ist, kommt nicht den Botanikern, sondern den Physikern zu entscheiden zu.“ Der Hinweis auf Göthe bezieht sich auf eine Stelle in dessen Farbenlehre (Teil I, p. 21). Göthe bemerkt, er habe eines Abends (den 19. Juni 1799) in der Dämmerung ganz deutlich beim orientalischen Mohn „etwas flammähnliches“ gesehen. Bei aufmerksamer Betrachtung der Pflanze konnte er keinen Schein wahrnehmen, wenn er aber mit den Augen nach derselben schielte, so war dies der Fall, weil, wie er meinte, ein momentanes Doppelbild entstand, bei welchem das Scheinbild sich bei oder neben dem wirklichen Bilde zeigte.

Die Ansicht, dass die Feuerfarbe der Blüten für das Zustandekommen des Blitzens von Bedeutung sei, verliert an Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, dass das Blitzen auch bei weissen Blüten vorkommt, so bei *Polyanthes*, dass Hagen¹⁾ in der Schweiz gelegentlich einer Bergpartie unter dem dicksten Nebel aus allen Blüten von *Matricaria inodora* einen blendendweissen phosphoreszierenden Schein kommen sah und dass Szütz²⁾ an den Blättern von *Phytolacca decandra* einen blauen Phosphorschein bemerkte.

In neuester Zeit will Ballenstedt³⁾ an den Blüten von *Lychnis*

¹⁾ Zitiert bei Fries l. c. p. 171.

²⁾ Tromsdorffs Journ. d. Pharm. VIII. P. 2. p. 59.

³⁾ Ballenstedt, Naturw. Wochenschrift. Jena 1903. p. 487.

chalcidonia, welche Pflanze unter dem Namen „Brennende Liebe“ im Volksmunde bekannt ist, ein sehr deutlich wahrnehmbares auf- und abwallendes, sekundenlang ganz erlöschendes Leuchten wahrgenommen haben. Er möchte fast glauben, dass die Pflanze ihr Beiwort „brennend“ wegen ihrer Leuchtfähigkeit erlangt habe. „Bei der brennenden Liebe scheint das phosphoreszierende Licht von den Staubbeuteln auszugehen. Es macht sich in warmen und trockenen Abenden besonders bemerkbar in der Weise, dass benachbarte Blüten der grossen doldenartigen Blütenstände plötzlich aufleuchten. Das Leuchten dauert mit wechselnder Helligkeit einige Sekunden, nicht selten aber auch 2—3 Minuten an, erlischt dann für kurze Zeit, um meist nach wenigen Sekunden mit verstärkter Helligkeit wieder hervorzutreten. Wenn der Tau die Blüten zu befeuchten anfängt, nimmt die Lichterscheinung an Intensität ab und hört bei dichter Bedeckung der Blütenstände mit Tau ganz auf.“ Eine Erklärung für die beobachtete Erscheinung gibt Ballenstedt nicht, er ist aber der Meinung, dass das Leuchten der Blütenteile vielleicht ein Orientierungsmittel für Nachtinsekten bei Gewinnung des Nektars und der Übertragung des Blütenstaubes sein dürfte, die für dieses Licht in viel höherem Masse empfindlich sein könnten, als unsere.

Wenn wir die verschiedenen Beobachtungen überblicken, so muss man wohl eingermassen darüber staunen, dass keiner von den Beobachtern, die das Glück hatten, das Blitzen der Blüten zu sehen, den Versuch machte, die Ursache davon experimentell zu ergründen. Die meisten konstatieren die Erscheinung, begnügen sich aber mit der lakonischen Bemerkung, dass es Sache der Physiker sei, das Rätsel zu erklären.

Da es mir darum zu tun war, die von der Pflanze ausgehenden Lichterscheinungen nach allen Richtungen kennen zu lernen, so war ich vielfach bemüht, das Blitzen der Blüten aus eigener Anschauung beobachten zu können. Ich habe daher im Laufe der letzten acht Jahre in meinem Versuchsgarten zu Prag alljährlich ganze Beete von *Calendula officinalis*, *Tropaeolum majus*, *Papaver orientale*, *Tagetes*-Arten und *Helianthus annuus* gezogen. In den Sommermonaten namentlich zur Zeit der Blüte beobachtete ich sehr oft nach Einbruch der Dämmerung und der Nacht die Blüten der genannten Gewächse, bald bei klarem, bald bei trübem oder gewitterschwülem Wetter, ohne auch nur ein einziges Mal im Laufe der Jahre eine Spur irgend einer Lichterscheinung bemerken zu können.

Trotzdem bin ich auf Grund der Angaben insbesondere von Linné, Fries und anderer überzeugt, dass die Blüten mancher Pflanzen unter

gewissen Umständen zu blitzen vermögen. Da ich am faulen Holze ein Blitzen beobachtet (p. 46) und als Ursache ein kleines Insekt (*Neanura*) erkannt habe, so war auch der Gedanke zu prüfen, ob nicht vielleicht kleine Tiere, die in den Blüten wohnen und aufzuleuchten vermögen, das Blitzen hervorrufen. Der Gedanke scheint schon deshalb einer Prüfung wert, weil Heller¹⁾ derartige Tiere gesehen haben will. Nachdem er hervorgehoben, dass er niemals eine Blüte habe leuchten sehen, bemerkt er, dass er öfter leuchtende Stellen, Flecke und Punkte an manchen Pflanzen, so an der *Phytolacca decandra*, an *Dictamnus* und an den Blüten und Blattstielen von *Sambucus niger* gesehen habe. Bei genauerer Untersuchung fand er, dass die leuchtenden Punkte von sehr kleinen Blattläusen und kleinen Fliegen gebildet wurden, die ähnlich den Johanniswürmchen Licht entwickelten. „Ich fand diese Tierchen oft so klein, dass unzählige beisammen nur einen leuchtenden Fleck darstellten, und erst unter dem Mikroskop erwies sich ein solcher Fleck als aus unzähligen kleinen Tieren bestehend.“ In zahlreichen Blüten wohnen fast ständig sehr kleine schwarze Käferchen und in überaus grosser Menge Thrips, aber weder bei diesen noch bei irgend welchen Blattläusen konnte ich ein Leuchten bemerken. Immerhin wird es gut sein, falls jemand wieder Gelegenheit haben sollte, blitzende Blüten zu sehen, auf die darin eventuell vorkommenden Tiere zu achten.

Wie wohl ich also nicht in die Lage kam, das Blitzen der Blüten aus eigener Anschauung kennen zu lernen, so möchte ich doch der Ansicht jener Männer, welche darin ein elektrisches Phänomen, vergleichbar dem St. Elmsfeuer²⁾, vermuten, das Wort reden, da nach der Art des Auftretens der Erscheinung und da sie sich gewöhnlich in gewitterschwülen Nächten zeigte, wohl diese Meinung die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat. Es ist in hohem Grade zu bedauern, dass keiner von den Beobachtern einer blitzenden Blüte ein empfindliches Elektroskop genähert hatte, die Sache wäre damit sogleich entschieden gewesen. Für die richtige Beurteilung des Phänomens ist es schon von Wichtigkeit zu erfahren, dass ich das Blitzen der Blüten in der Art wie es geschildert wird, künstlich in folgender Weise hervorrufen konnte.

Ein im Blumentopf gezogenes Exemplar von *Tropaeolum majus* mit ziemlich trockener Erde wird behufs Isolierung auf ein umgestülptes Becherglas gestellt und die Pflanze sodann im Finstern vom Konduktor einer kleinen Elektrisiermaschine geladen. Sowie sich die Elektrizität

1) Heller, J. F., l. c. p. 88.

2) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. II. Bd. 1. Aufl. p. 421.

in der Pflanze einigermaßen anhäuft, sieht man hauptsächlich von den Blüten Funken und Lichtbüschel von kurzer Dauer ausstrahlen und hervorspringen, zumal wenn man den Blättern oder Blüten den Finger oder sonst einen guten Leiter nähert. Bei der Durchführung derartiger Experimente kann man sich kaum des Gedankens erwehren, dass die sogenannten Wetterlichter oder das St. Elmsfeuer, wie sie in der Natur nicht selten beobachtet werden, sich beim Blitzen der Blüten im kleinen zu erkennen geben. Bekanntlich erscheint das St. Elmsfeuer bisweilen bei Gewittern in Gestalt leuchtender Punkte, kleiner oder grösserer Flammen und Feuerbüscheln an spitzigen Gegenständen oder scharfkantigen Begrenzungsflächen der verschiedensten Objekte. Man beachte nun die Einzelheiten, wie sie bei der Schilderung des St. Elmsfeuer vielfach zutage treten. So erwähnen Saussure und Jollabert ¹⁾, auf den Alpen Feuerbüschel an ihren Fingern und ihrer Bekleidung gesehen zu haben, Burchell sah während eines Gewitters in Afrika in einem Umkreis von 15 Fuss jeden Grashalm und jedes Blatt leuchten und der Bergeleve v. Thielau bemerkte bei einem heftigen Schneegestöber zu Freiburg am 25. Februar 1822 an den Zweigspitzen aller Bäume eine lebhaft leuchtende Erscheinung von bläulich weisser Farbe, welche aufhörte, wenn die Zweigspitzen der Bäume zur Erde gebogen wurden.

Wenn sich demnach das Blitzen der Blüten, wie ich gezeigt habe, durch das Experiment nachahmen lässt, und wenn, wie die Erscheinung des St. Elmsfeuer lehrt, die verschiedensten Gegenstände, tote und lebende, Pflanzen und Tiere Funken und Lichtbüschel zu geben vermögen, wobei ein Austausch der Erd- und atmosphärischen Elektrizität erfolgt, so liegt es wohl auf Grund aller unserer einschlägigen Erfahrungen nahe, anzunehmen, dass das Blitzen der Blüten keinen biologischen, sondern einen physikalischen Prozess darstellt, wie er sich beim St. Elmsfeuer auch an den verschiedensten leblosen Gegenständen offenbaren kann.

¹⁾ Dieses und die folgenden Beispiele zitiert in Marbach-Cornelius' Physik. Lexikon. Leipzig 1856. IV. Bd. p. 705 ff.

Namenregister.

A.

Absolon 46.
 Achard 32, 129.
 Alenizyn 79.
 Alpine 29.
 Aquapendente, ab F. H. 52.
 d'Arsonval 138.
 Asbjoernsen 11.

B.

Ballenstedt 157 ff.
 Barnard 134.
 Bartholin 52.
 Bary de 34, 44.
 Battarra 30.
 Beal 52.
 Becquerel 133.
 Beijerinck 62, 85, 86 ff.,
 92, 94 ff., 103, 104, 110,
 113, 117, 128, 150.
 Berkeley 28.
 Berthold 1, 2.
 Bertholon 154.
 Billet 77.
 Bischoff 26.
 Blackman 20.
 Blanc 55.
 Bongardt 118.
 Boyle 52, 102.
 Brefeld 32, 33, 36, 37.
 Brischke 79.
 Buchner, E. 115.
 Buchner, H. 115.
 Bütschli 23.
 Burchell 160.

C.

Chaussier 66.
 Claparède 16.
 Cohn, F. 20, 23, 60, 81.
 Colson 141.
 Cori 11.
 Crié 41.
 Crome 155.

D.

Decandolle 30.
 Delile 30.
 Derschau 26.
 Dessaines 74.
 Distant 80.
 Dittrich 78, 130.
 Drummond 28.
 Dubois 47, 55, 86, 110, 111,
 112 ff., 115, 124, 134,
 138 ff., 149.
 Ducluzeau 6.
 Dugès 81.
 Dujardin 16.
 Dupugets 66.

E.

Ehrenberg 6, 10, 11, 13,
 14, 16, 20.
 Eidam 33.
 Eijkmann 92.
 Endlicher 31.

F.

Fabre 106, 108.
 Fagdor 144.

Fischer, B. 122, 134.
 Forster 93, 130, 134.
 Fourcroy 66.
 Friedel 104.
 Fries, Th. M. 155 ff.

G.

Gärtner 102.
 Gardner 28, 30.
 Gaudichaud 28.
 Gessner 152.
 Giard 77, 81.
 Goethe 157.
 Gourret 16, 18.

H.

Hagen 157.
 Haggreen 154, 156.
 Hahn 115.
 Halle 74.
 Hanckel 54.
 Haren-Noman van 134.
 Hartig, R. 32.
 Hartig, Th. 44, 124.
 Heinrich, P. 25, 68, 72, 74,
 77, 102.
 Heller 30, 44, 53, 63, 66,
 69, 72, 82, 93, 103, 127,
 159.
 Hilliger 81.
 Hinks 9.
 Holtermann 48.
 Hulme 77.
 Humboldt 27, 127.

I.
Issatschenko 148.

J.
Johnson 155.
Jollabert 160.

K.
Katz, J. 91.
Katz, O. 110, 116.
Kerner 150.
Kerville de 11, 12, 29.
Kny 1.
Kohl 131.
Kohlmann 64.
Kral 106.
Kutscher 34.

L.
Lachmann 16.
Landsborough 9.
Langley 132.
Lassar 54.
Laurent 67.
Le Bon 137.
Lehmann 93, 110, 116, 117.
Lindblad 156.
Linné, E. C. 154.
Lode 127.
Ludwig, F. 21, 23, 31, 32,
40, 41, 44, 47, 55, 64,
78, 106, 110, 115, 116,
124, 130.

M.
Macfadyen 116.
McKenney 107, 110.
Martius 153.
Mascagni 66.
Matzdorff 81.
Merian 80.
Meyen 6, 11, 32, 155.
Michaëlis 13, 16.
Migula 23, 56, 83, 84, 85.

Molisch 2, 39, 52, 57, 60,
61, 83, 84, 87, 91, 93,
104, 134, 137, 144, 153.
Moniez 81.
Mornay 152.
Moulé 55.
Müller, H. 41.
Müller, J. 74.
Muraoka 138, 141 ff.
Murray 130.

N.
Nadson 110, 134, 147.
Nees v. E. 26, 45.
Neljubow 145.
Noeggerath 26.
Noll 5.
Nuesch 54.

O.
Ossiander 102.

P.
Pallas 79.
Patruban 66.
Pellatan 66.
Percy 67.
Peron 5.
Pfeffer 108, 111, 159.
Pflüger 53, 70, 75, 82, 103,
110, 113.
Phipson 109.
Porta 74.

R.
Radziszewski 100 ff., 129.
Reinke 15, 149.
Richter, Oswald 145.
Röper 45.
Rosa 6.
Rumph 28, 32.
Ruysch 66.

S.
Sachs 105.
Saussure 160.
Scherer 102.
Schilling 21.
Schmidt 79.
Schmitz 27.
Schott 74.
Schottelius 108.
Schütt 13, 19.
Schweigger 6.
Senebier 155.
Singer, M. 145.
Sorokin 79.
Stein 14, 81.
Suchsland 138.
Szütz 157.

T.
Tarchanoff 78.
Thielau v. 160.
Tollhausen 110.
Tulasne 30, 49.

V.
Very 132.
Verworn 133.
Vesling 52.
Veydovsky 81.
Viviani 6.
Vuillemin 5.

W.
Werneck 20, 23.
Wiesner 144, 149.
Wijsman 96, 149.
Wilke 154.
Wrisberg 66.

Z.
Zacharias, E. 82.
Zacharias, O. 21, 22.
Zawadzki 155.
Zopf 11.

Sachregister.

A.

Aal 74.
 Aeskulin 111.
 Agaricus sp. 48, 122.
 — Gardneri 28, 30, 83.
 — igneus 28, 30, 83.
 — illuminans 29, 83.
 — lampas 29, 83.
 — longipes 32, 83.
 — melleus 27, 32, 36, 38, 83, 122.
 — noctilucens 28, 83.
 — olearius 28, 29, 83, 106.
 — phosphorus 24, 83.
 — Prometheus 29, 83.
 — tuberosa 32
 Aglaia tomentosa 48.
 Ahornblätter, leuchtende 50.
 Alcyonien 5.
 Algen 1.
 Allobophora 81.
 Amphipoden 77.
 Amphiuira squamata 10, 12.
 — elegans 11.
 Art des Leuchtens 122.
 Arum maculatum 155.
 Asparagin 96.
 Asperococcus 2.
 Atmung und Leuchten 105.
 Auricularia phosphorea 44.
 Austern, leuchtende 72, 73.
 Auxanogramm 95.

B.

Bacillus argenteo-phosphorescens 84, 122.
 — cyaneo-phosphorescens 84, 122.

Bacillus Fischeri 84.
 — gliscens 72, 84.
 — lucifer 61, 84, 133.
 — luminescens 72, 84.
 — phosphorescens 84.
 — phosphoreus 84.
 — phosphoricus 84.
 — photogenus 72, 84, 132.
 Bacterium argenteo-phosphoreum 83.
 — Girardi 83.
 — lucens 54.
 — phosphorescens 93, 148.
 — phosphoreum 60, 62, 65, 72, 87, 93,
 117, 121 ff, 131, 135 ff., 145.
 — smaragdino-phosphorescens 84.
 Bakterien, leuchtende 55 ff.
 — angeblich das Leuchten des Holzes
 hervorruhend 45.
 Bakterienlampe 124.
 Bakterienlicht und Heliotropismus 144.
 — — Chlorophyllbildung 146.
 Balanoglossus 11.
 Bambusablätter, leuchtende 48.
 Beggiatoa 11.
 Beggiatoen 11.
 Blätter, Leuchten verwesender 47.
 Biologische Bedeutung des Pilzlichtes 149.
 Blitzen der Blüten 154 ff.
 — des Holzes 46.
 Blüten, Blitzen derselben 154 ff.
 Bombyx, Leuchten der Augen 5.
 Brennende Liebe 158.
 Brisinga 11.
 Bryozoen 12.
 Buchenblätter, leuchtende 49.

C.

Calendula officinalis 154.
Callithamnion granulatum 1.
Carpinus Betulus 50.
Ceratium cornutum 22, 24.
— *furca* 19.
— *fuscus* 15, 16, 19.
— *hirundinella* 21, 22, 24.
— *tripos* 15, 19.
Chironomus 79.
Chloride, Einfluss derselben auf das Leuchten 89.
Chlorophyllbildung im Bakterienlichte 147 ff.
Chondria flagelliformis 10.
Chondriopsis coerulescens 1
Chylocladia 2.
— *kaliformis* 1.
— *reflexa* 1.
Chromophyton Rosanoffii 2.
Cicaden 82.
Cipo de Cunaman 152.
Cladophora 9.
Cladostephus verticillatus 9.
Clytia Johnstonii 10.
Codium 6.
Collembolen 46.
Collybia 32, 83.
Conchylien 77.
Corticium coeruleum 83.
Cucujos 118, 127.
Culex pipiens 79.
Cystosira cricoides 2.
— *opuntioides* 2.

D.

Delesseria sanguinea 9.
Desmarestia aculeata 9.
Diastase 99.
Diatomeen 11.
Dictyota 10.
— *Taenia* 2.
Diffusionsfelder 97.
Diptam 153, 159.
Discoplea sorrentina 11.
Drosera 152.
Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper
f. Bakterienlicht 137.

E.

Echinodermen 11.
Eichenblätter, leuchtende 49.
Eigenschaften des Pilzlichtes 120.
Eis, leuchtendes 64, 93.
Eiweissplatten 2.
Elateriden 118, 126.
St. Elmsfeuer 159.
Enzyme 99.
— invertierende 100.
Ernährung und Leuchten 94.
Euphorbia phosphorea 153.

F.

Fagus silvatica 50.
Farbe des Pilzlichtes 121.
Fettkörper 111.
Feuerfarbe 157.
Feuerlilie 154.
Fische, Leuchten toter 68.
— marine 68.
— Süßwasser 73.
Fleisch, leuchtendes 52.
— sich zu verschaffen 57.
Fliegen, leuchtende 79.
Flohkrebs, Leuchten toter mariner 73.
Flor de Coco 28.
Florideen 12.
Flunder, leuchtende 71.
Frösche, leuchtende 78.
Fucus 5, 6, 7.
— *serratus* 9.
Fulgora 80.
Furcellaria 9.

G.

Gelidium 10.
Glenodinium tabulatum 14.
Glykose 95.
Goldglanz von Chromophyton 2.
Goldschimmer 3.
Gorgonien 5.
Gorteria rigens 154.
Gryllotalpa 78.

H.

Haliseris 2.
Hallimasch 27, 32, 123.

Harn, leuchtender 82.
Hecht, Leuchten des toten 74.
Hefe 101.
Helianthus annuus 154.
Heliotropismus von Xylaria 42, 146.
— im Bakterienlichte 144.
— von Phycomyces im Bakterienlichte 146.
Heterobasidium annosum 44, 83.
Heterocirrus saxicola 10, 12.
Holz, Leuchten desselben 25.
— Blitzen desselben 46.
— wirksam auf die photogr. Platte 142.
Hyphomyceten 25, 83.

I.

Irisieren 1.
Iris 5.

J.

Johanniskäferlicht 137.

K.

Kabeljau 68.
Käferlicht 137 ff.
Käse 82.
Kapuzinerkresse 154 ff
Kartoffeln, leuchtende 82.
Karton, seine chem. Wirkung auf die
photogr. Platte 140.
Kaulquappen 77.
Keimlinge, ihr Heliotropismus im Bak-
terienlichte 146.
Kochsalz, Einfluss auf Leuchten 86.
— Ersatz durch andere Chloride 89, 90.
Kohl 82.
Kohlenwasserstoffe, Leuchten derselben
111.
Korallen 7.
Korallineen 6.

L.

Lampyrus 123.
Lampyrus noctiluca 118.
Laternenfliege 80.
Laurencia pinnatifida 1.
Leuchtbakterien im Hafen von Triest 72.
— zum Nachweis von Sauerstoff 103.

Leuchtbakterien zum Nachweis von CO₂-
Assimilation 104.

— — — — Enzymen 99.

Leuchten, eine Oxydation 102, 119.

— und Sauerstoff 103.

— und Atmung 105.

— ein biologischer Prozess 44.

— erfolgt intrazellulär 45, 115, 120.

— der Schmetterlingsaugen 5.

— angebliches der Algen 1.

— des Fleisches 52 ff.

— toter Fische 68 ff.

— mariner Fische 68 ff.

— anderer Seetiere 68.

— der Peridineen 13 ff.

— der Pilze 25 ff.

— des Holzes 25 ff.

— verwesender Blätter 47 ff.

— der Würste 63 ff.

— menschlicher Leichenteile 66.

— lebender Tiere infolge von Infektion
77 ff.

— von Milchsäften 152.

— organischer Körper 110.

Leuchtholz, Methode seiner Beschaffung
34, 41.

Leuchtmoos 5.

Leuchtmycelium x 39.

— — ein ausgezeichnetes Demonstrations-
objekt 40.

Leuchtprozess, Wesen desselben 102.

Leuchtpulver 129.

Leuchtstoffe 97.

Levulose 95.

Licht, schwarzes 137.

— kaltes 129.

— lebendes 127.

— wallendes 124.

Lichtauslöschende Stoffe 97.

Lichterscheinungen, angebliche bei Pha-
nerogamen 152 ff.

Lichtintensität der Bakterien 128.

Lichtreflex 1, 12.

Lichtseuche 77.

Lichtstoff 95.

Lilium bulbiferum 154, 156.

Lipura noctiluca 47.

Lophin 99.

Luciferin 112, 113.

Luciferase 112, 113.
 Luciola italica 118.
 Luftmethode 57.
 Lunaria rediviva 152.
 Lunariae 152.
 Lychnis chalconica 157 ff.

M.

Magnesiumsulfat 107.
 Maltose 99.
 Matricaria inodora 157.
 Maulwurfsgrille 78.
 Membranipora pilosa 9, 12.
 Menschenleichen, leuchtende 66.
 Meeresleuchten 6, 7, 13, 14, 16.
 — künstliches 69, 103.
 Micrococcus phosphoreus 84.
 — Pflügeri 55.
 Microspina annulata 84.
 — caraibica 84.
 — coronata 84.
 — degenerans 84.
 — delgadensis 84.
 — Dunbari 84.
 — glutinosa 84.
 — luminosa 84.
 — papillaris 84.
 — tuberosa 84.
 Miesmuscheln, leuchtende 73.
 Milchsäfte, leuchtende 152.
 Mondpflanzen 152.
 Mycelium x 39, 83, 93, 117, 122 ff., 137.
 Myriopoden 47, 118, 119.

N.

Nachtschmetterlinge, Leuchten ihrer Augen 5.
 Nährstoff, plastischer 95.
 Neanura muscorum 46, 159.
 Nephelium lappaceum 48.
 Nereis cirrigera 6, 7, 10.
 Nitophyllum 10.
 Noctiluca 7.
 — miliaris 8.
 Noctilucin 109.

O.

Odinia elegans 11.
 Ophiocantha spinulosa 11.

Ophiotrix 11.
 Organische Körper, leuchtende 97.
 Oscillatoria 6, 11.

P.

Pandanus 155.
 Panus incandescens 28, 83.
 Papaver orientale 156 ff.
 Pelagia noctiluca 112.
 Penicillium 100.
 Peptonbakterien 96.
 Peptonkohlenstoffbakterien 96.
 Peridineen, marine 13, 123.
 — Süßwasser 20.
 Peridinium bipes 23, 24.
 — cinctum 22, 24.
 — divergens 15, 18, 19.
 — furca 14, 20.
 — fusus 14, 15.
 — Lucina 20.
 — Michaelis 20.
 — splendor maris 14.
 — tripos 14.
 Pferdefleisch, leuchtendes 57.
 Phanerogamen, Lichterscheinungen derselben 152.
 Pholas 112 ff., 118, 119.
 Phosphor 109.
 Phosphoreszenz durch Atmung 105, 109.
 Phosphorwasserstoffverbindungen 109.
 Photobakterium 85.
 — indicum 92.
 — luminosum 92.
 — Pflügeri 95, 99.
 — phosphorescens 95, 97, 99.
 — sarcophilum 55.
 Photogen 109, 119.
 Photographische Wirkung des Pilzlichtes 134 ff.
 — — des Mycelium x 137.
 Photographien im Bakterienlichte 134 ff.
 — von Bakterien in ihrem eigenen Lichte 135.
 — von Gegenständen im Bakterienlichte 136.
 Photographieren mittelst Bakterienlampen 136.
 Phyllirhoë 119.
 Phyllophora Brodyei 9.

Phytolacca decandra 157, 159.
 Pilze, Leuchten derselben 25 ff.
 Pilzlicht, seine Eigenschaften 121 ff.
 — — biologische Bedeutung 149.
 Pleurotus candescens 29, 83.
 Polyanthes tuberosa 155, 157.
 Polymyces phosphoreus 30.
 Polynoë fulgurans 14.
 Polyporus citrinus 44, 83.
 — sulfureus 44, 83.
 Polysiphonia platyspira 1.
 — elongata 9.
 Primula Auricula 152.
 Prorocentrum micans 14, 15, 20.
 Pseudomonas javanica 84.
 Ptychodiscus 149.
 Pyrocystae 19.
 Pyrocystis 19.
 — fusiformis 19.
 — noctiluca 19.
 — Pseudynoctiluca 20.
 Pyrophorus noctilucus 126, 132 ff., 134.

Q.

Quallen 7, 8.

R.

Radiometer 129.
 Ranunculus Thora 152.
 Reflexerscheinungen 1, 5.
 Regenwürmer, leuchtende 81.
 Reinkulturen höherer Pilze 34.
 — des Hallimasch 36.
 — des Mycelium x 39.
 — von Xylaria-Arten 40.
 Retiporen 5.
 Rhizomorpha 27, 31, 33.
 Rindfleisch, leuchtendes 57.
 Ringelblume 154.
 Rüben, leuchtende 82.

S.

Salze, ihr Einfluss auf Leuchten 86.
 — als osmotischer Faktor 91.
 Salzwassermethode 58.
 Sambucus nigra 159.
 Sarcina noctiluca 53, 64, 70.
 Sauerstoff und Leuchten 103 ff.

Säuren, hemmen d. Leuchten 96.
 Saugphänomen 139.
 Schistostega osmundacea 5.
 Schweiß 82.
 Scinaia furcellata 1.
 Sclerotien, leuchtende 32.
 Scolioplanes acuminatus 47.
 Seegrass 7.
 Seekonferven 6.
 Seetiere, leuchtende tote 73.
 Sekrete, leuchtende 112.
 Sertularien 5.
 Sonnenblume 154.
 Spektrum v. Bacillus photogenus 132.
 — — des Pilzlichtes 129.
 — — des Pyrophorus 132.
 — — der Bacterium phosphoreum 132.
 — — des Bacterium phosphorescens 132.
 — — des Mycelium x 132.
 Sphinx, Leuchten der Augen 5.
 Spongodium vermiculare 6.
 Sporocnhus aculeatus 10.
 Springschwänze 46.
 Steckmuscheln, Leuchten toter 73.
 Süßwasserfische, „ „ 73.

T.

Tagetes erecta 154.
 — patula 154.
 Talitrus 77.
 Tausendfuss 47.
 Temperatur und Leuchten 86, 92.
 Theorie des Leuchtens 109.
 Thrips 159.
 Trametes pini 44, 124.
 Tropaeolum majus 154 ff., 159.
 Trypsin 100.

U.

Übersicht über die leuchtenden Pilze 83.
 Ulven 5.

V.

Vacuolides 118.
 Vermicularia retusa 6.
 Voceleier 82.



2



3



1



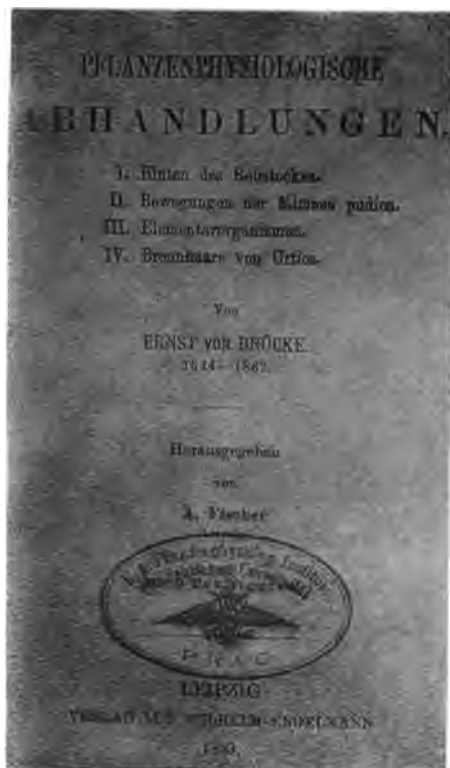
4



5

197

7



6



8



10



9



Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Crayondruck von J. B. Obernetter, München.



H E Knowles

Unit 103

1 km 907

1964

285572 A

THE UNIVERSITY LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA CRUZ
SCIENCE LIBRARY

This book is due on the last **DATE** stamped below.

To renew by phone, call **459-2050**.

Books not returned or renewed within 14 days
after due date are subject to billing.

SCI LIB.

Series 2477

STORED AT NRLF

OK700.M65 Sci



3 2106 00254 8557

